

Trabajo Fin de Grado

Automatización de una planta de embotellado

Bottling plant Automation

Autor

Juan Manuel Barrero Rivarés

Director

Pedro Pablo Huerta Abad

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia
2020



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Automatización de una planta de
embotellado

Bottling plant Automation

424.20.19

Autor: Juan Manuel Barrero Rivarés

Director: Pedro Pablo Huerta Abad

Fecha: Junio 2021

INDICE BREVE

1. Resumen.....	1
2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
4. Antecedentes.....	4
5. Marco teórico	15
6. Desarrollo.....	44
7. Conclusiones	78
8. Bibliografía.....	79

INDICE DE CONTENIDO

1. Resumen.....	1
1.1. Palabras clave	1
2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
3.1. Enunciado	3
3.2. Motivación.....	3
3.3. Objetivo.....	3
4. Antecedentes.....	4
4.1. Historia de las embotelladoras	4
4.1.1. Embotelladoras de Coca Cola	5
4.1.1.1. Embotelladoras de Coca Cola en España	6
4.1.2. Embotelladoras en España.....	6
4.1.3. Hidritec	7
4.1.4. AMS Ferrari	9

5. Marco teórico.....	15
5.1. Historia de siemens.....	15
5.1.1. Simatic	16
5.1.2. Step 7.....	17
5.2. PLC	20
5.3. SCADA	23
5.4. Funcionamiento de una planta de embotellado	26
5.5. Sensores	28
5.6. Electroválvulas.....	30
5.7. Llaves de paso.....	32
5.8. Caudalímetro	34
5.9. Actuadores	35
5.9.1. Relé.....	40
6. Desarrollo	44
6.1. Automatización de una planta industrial	44
6.2. Construcción de la planta	44
6.2.1. Materiales.....	45
6.2.1.1. Tanque de 60 litros.....	46
6.2.1.2. Estantería modular	47
6.2.1.3. Tubos de silicona	48
6.2.1.4. Resistencia.....	49
6.2.1.5. Racores	50
6.2.1.6. Sensores de temperatura	51
6.2.1.7. Sensor de pH	51
6.2.1.8. Electroválvula	52
6.2.1.9. Caudalímetro	53
6.2.1.10. Relé.....	53
6.2.1.11. Bomba peristáltica.....	54
6.2.1.12. Recipiente.....	54
6.2.1.13. Llave de paso	55
6.2.1.14. Líquido refrigerante.....	55
6.2.1.15. Aislante	56

6.2.1.16.	SIMATIC S7-300, CPU 314 con MPI	57
6.2.1.17.	Transformadores	57
6.3.	Iniciar el wincc flexible	58
6.4.	Particularidades de la automatización de la planta de embotellado	59
6.4.1.	Elementos de almacenamiento y transporte	59
6.4.1.1.	Cintas transportadoras	59
6.4.1.2.	Tolva.....	61
6.4.1.3.	Distribución de la planta	61
6.4.2.	Elementos de control.....	62
6.4.2.1.	Pantallas táctiles	63
6.4.2.2.	Controladores de peso.....	65
6.4.2.3.	Estudio del sistema	66
6.5.	Llenado del tanque.....	68
6.6.	Llenado de botellas	74
7.	Conclusiones	78
8.	Bibliografía.....	79

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:	Planta Hidritec	7
Ilustración 2:	Línea de llenado de Hidritec	8
Ilustración 3:	Planta de AMS Ferrari	9
Ilustración 4:	Formación de botellas PET.....	10
Ilustración 5:	Moldes botellas PET	10
Ilustración 6:	Technology System Processing	11
Ilustración 7:	Premix Carbonator	11
Ilustración 8:	Filling Systems	12
Ilustración 9:	Automation Conveyors	12

INDICES

Ilustración 10: Labelling and Sleever.....	13
Ilustración 11: Packaging and Palletizing	13
Ilustración 12: Funcionamiento programa usuario.....	19
Ilustración 13: Diagrama de los componentes de un PLC	21
Ilustración 14: Funcionamiento de un SCADA.....	25
Ilustración 15: Diferentes sensores	29
Ilustración 16: Resumen de actuación de un sensor	29
Ilustración 17: Clasificación sensores	30
Ilustración 18: Electroválvula acción directa	31
Ilustración 19: Llave de paso	33
Ilustración 20: Caudalímetro	34
Ilustración 21: Sistema de bloques de las conexiones	36
Ilustración 22: Cilindro de simple efecto	38
Ilustración 23: Cilindro de doble efecto	38
Ilustración 24: Actuador de giro	40
Ilustración 25: Mandos directo e indirecto con relé.....	41
Ilustración 26: Partes de un relé.....	41
Ilustración 27: Contactos del relé	41
Ilustración 28: Circuito controlado por relé y símbolo	42
Ilustración 29: Circuito de control y circuito de potencia	43
Ilustración 30: Dimensiones y condiciones técnicas del tanque	47
Ilustración 31: Estantería	47
Ilustración 32: Puntales de la estructura de la estantería	48
Ilustración 33: Largueros de ancho y fondo de la estantería	48
Ilustración 34: Tubos de silicona	49
Ilustración 35: Resistencia	49
Ilustración 36: Racor.....	50
Ilustración 37: Sensor de temperatura	51

Ilustración 38: Sonda de pH.....	52
Ilustración 39: Electroválvula	52
Ilustración 40: Caudalímetro	53
Ilustración 41: Relé.....	54
Ilustración 42: Bomba peristáltica.....	54
Ilustración 43: Recipiente	55
Ilustración 44: Llave de paso	55
Ilustración 45: Líquido refrigerante	56
Ilustración 46: Aislante	56
Ilustración 47: SIMATIC S7-300, CPU 314 con MPI	57
Ilustración 48: Transformador de mando y separación	58
Ilustración 49: Cinta transportadora.....	60
Ilustración 50: Pantallas táctiles	65
Ilustración 51: Controladores de peso	66
Ilustración 52: Esquema de red industrial	68
Ilustración 53: Símbolos del llenado del tanque	68
Ilustración 54: Variables del llenado de tanque.....	69
Ilustración 55: Pantalla llenado de tanque HMI-SCADA.....	70
Ilustración 56: Barra llenado de tanque	70
Ilustración 57: Apariencia barra llenado de tanque.....	71
Ilustración 58: Litros de agua en el tanque	71
Ilustración 59: Apariencia motor.....	72
Ilustración 60: Simulación de llenado de tanque. Motor desactivado	72
Ilustración 61: Simulación de llenado de tanque. Motor activado nivel bajo.....	73
Ilustración 62: Simulación de llenado de tanque. Motor activado nivel medio. ..	73
Ilustración 63: Simulación de llenado de tanque. Motor desactivado nivel alto. .	74
Ilustración 64: Símbolos del llenado de botellas.....	74
Ilustración 65: Variables de llenado de botellas	75

INDICES

Ilustración 66: Pantalla llenado de botellas HMI-SCADA.....	75
Ilustración 67: Simulación de llenado de botellas. Desplazamiento de la botella.	76
Ilustración 68: Simulación de llenado de botellas. Desplazamiento de la cinta. .	76
Ilustración 69: Simulación de llenado de botellas. Comienzo de llenado.	77
Ilustración 70: Simulación de llenado de botellas. Botella llena.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Productos y cantidades	46
---------------------------------------	----

1. RESUMEN

El presente proyecto se basa en el diseño y la automatización de una planta de embotellado, consiguiendo una mayor eficacia a la hora de realizar el proceso.

Para llevar a cabo el proyecto, establecemos el diseño de la planta de forma que sepamos todos los elementos que tenemos que utilizar en la planta, justificando su utilización a la hora de la construcción de la planta.

Una vez esté realizado el diseño, la automatización se desarrollará de forma que se controlen los elementos utilizados en la planta. Para ello, utilizamos un autómata programable de Siemens. Este autómata controlará todos los elementos de la planta mediante el lenguaje de programación AWL.

Por último, se diseñarán dos sistemas SCADA mediante un SIMATIC HMI Panel configurado a través de WinCC Flexible, para poder visualizar en todo momento el caudal que se encuentra en el tanque de llenado de botellas, así como el movimiento de la cinta que transporta las botellas y su llenado.

1.1. PALABRAS CLAVE

Las cinco palabras que definen el presente proyecto son las siguientes:

- Embotellado.
- Diseño de la planta.
- Particularidades de la planta.
- Automatización SIMATIC S7-300.
- SCADA con pantalla HMI.

2. ABSTRACT

The Project has been based on design and automation of a bottling plant in order to increase the effectiveness in carrying out the process.

To carry out the Project, the design shall be established in such a way we know all the elements we have to use in the plant, justifying its use in the construction of the plant.

Once the designs is completed, automation will be carried out of such a way as to control the elements used in the plant. For it, we use a programmable automaton of Siemens. That automaton Will control all elements of the plant using the programming language AWL.

Finally, two SCADA´s systems Will be designed through a SIMATIC HMI Panel configured through a WinCC Flexible to be able to display at all times the Flow rate in the bottle filling tank, in addition to the movement of the conveyor belt and its filling.

Finally, the five key words, that define this proyect, are the following:

- Bottling.
- Plant design.
- Particularities of the plant.
- Automation SIMATIC S7-300.
- SCADA with HMI screen.

3. INTRODUCCIÓN

La automatización consiste en una optimización del uso de las tecnologías en los procesos industriales. Este tipo de procesos va creciendo y desarrollando cada día nuevas tecnologías, las cuales son más eficientes respecto al rendimiento del proceso.

3.1. ENUNCIADO

En este trabajo vamos a enunciar la automatización de una planta de embotellado. Para ello, describiremos la planta embotelladora y las particularidades que tendrá la automatización de la planta. Para ello, también desarrollaremos la programación en PLC y realizaremos un SCADA para controlar y visualizar el sistema.

3.2. MOTIVACIÓN

La motivación de este proyecto consiste en resolver diferentes problemas para realizar la programación, consiguiendo afianzar y demostrar los conocimientos adquiridos en distintas disciplinas durante la realización del Grado. Mediante este trabajo, se aprenderá a trabajar bajo dos formas fundamentales y complementarias como son los conceptos teóricos y la resolución de los diferentes problemas que vayan surgiendo.

3.3. OBJETIVO

El presente documento contiene la memoria de mi trabajo de fin de grado.

El objeto de este proyecto es conseguir un correcto aprendizaje de una planta de embotellado, realizando su automatización.

Destacar que además se añadirá un documento en el que se incluirán los anexos necesarios para la total comprensión de como se ha desarrollado el trabajo.

4. ANTECEDENTES

4.1. HISTORIA DE LAS EMBOTELLADORAS

El inicio de las embotelladoras se realizó desde el momento que se necesitó que los líquidos estuvieran conservados, realizándose para ello las botellas y los tapones.

Las botellas ya se empezaron a utilizar hace 3500 años en el pueblo egipcio, teniendo constancia de que las primeras que se conocen fueron fabricadas con calabaza, siendo también fabricadas con piel de cabra, siendo el vino transportado con este tipo de botellas por los egipcios y griegos, teniendo el cuello de la botella la parte de la pata de la cabra, habiendo desalojado la pezuña.

La botella ha ido evolucionando a lo largo de los años desde que hace miles de años la empezaran a utilizar. Durante el siglo XV a.C, se comenzó a utilizar un material parecido al cristal, en el que el procedimiento consistía en la introducción de una especie de núcleo de pasta de sílice en el interior del recipiente con vidrio fundido, que se endurecía y se formaba la botella, siendo la sílice retirada posteriormente para la cavidad que se formaba.

A partir del siglo V a.C, se empezaron a generalizar botellas de vino, que se hacían mediante la técnica del soplado.

En la antigua Roma, había un constante uso de la botella, encontrándose una botella con un vaso de tapadera en una pintura pompeyana del siglo I.

La botella fue sufriendo un declive durante la edad media debido a las dificultades ocasionadas debido al hundimiento del Imperio Romano, cambiándose algunas de las costumbres y dificultándose el comercio, por lo que no era práctico utilizar una botella de vidrio, siendo sustituidas en el siglo X por una botella de cuero.

La madera entró en la industria botellera en el siglo XV hasta que se volviera al uso del vidrio, debido a sus propiedades, siendo importado por mercaderes italianos y aragoneses de Oriente.

A partir del siglo XIX, fue cuando la industria botellera se alteró, saliendo de las técnicas antiguas, siendo un cristalero de Bristol llamado Henry Rickets quien, en el año 1821, decidió patentar un molde con la finalidad de fabricar botellas en serie, haciendo que sean uniformes, permitiendo estampar en las botellas relieve, permitiendo que la botella tuviera sus marcas comerciales. Esto hizo que se produjera una revolución en el mundo del embotellado, haciendo que se realizara una producción de botellas en serie, iniciándose este proceso en 1904. Este mismo año,

Michel Owens fabricó una máquina para fabricar botellas de forma automatizada, obteniendo una gran variedad de tipos de botellas a fabricar, siendo un gran avance en la historia del embotellado.

La botella de vidrio permaneció inalterable hasta que a mediados del XX apareció el plástico, amenazando a las botellas de vidrio. El plástico comenzó a utilizarse en Francia por la Sociedad General de Aguas Minerales de Vichy, siendo inventado por ingenieros en 1969, necesitando de una investigación de cuatro años, obteniendo después de la primera botella de plástico una botella maxiredonda, que estaba llamada a revolucionar el problema del almacenamiento, siendo resuelta con la botella cuadrada, conseguida en 1976, teniendo un gran éxito, desbancando al resto de sistemas de envases hasta la aparición del brick. (Historia, 2020)

4.1.1. Embotelladoras de Coca Cola

En 1899, se venden los derechos para realizar el embotellado de Coca-Cola por un dólar, siendo Chattanooga la primera ciudad en embotellar esta bebida.

Las primeras plantas de embotellado de Coca Cola fuera de EEUU se abrieron en 1906 en Canadá, Cuba y Panamá, siendo estos tres primeros países en embotellar Coca-Cola fuera de Estados Unidos.

En 1912 se abren plantas de embotellado en Filipinas, empezando el embotellado en Asia.

En 1919 se abren las primeras plantas embotelladoras de Coca-Cola en Europa, concretamente en París y Bourdeaux.

En 1941, unos laboratorios itinerantes recorren las diferentes plantas embotelladoras de Estados Unidos con la finalidad de asegurar que los estándares de calidad que ofrece Coca-Cola se cumplen en las plantas embotelladoras.

En 1958 The Coca-Cola Company realiza el patrocinio de un pabellón en la Feria Mundial de Bruselas, en la cual se encuentra funcionando una planta de embotellado y una exhibición que documenta el negocio de Coca-Cola en todo el mundo.

En 1966 se comienza a realizar el embotellado de Coca-Cola en Somalia, Hungría y Yugoslavia.

En 1972, se inicia el embotellado en Polonia con la primera planta embotelladora.

En 1981, se abre la primera planta embotelladora en China.

En 1986, las embotelladoras que son propiedad de la compañía Coca-Cola se unen con otras empresas independientes para formar Coca-Cola Enterprises (CCE), convirtiéndose en una embotelladora independiente y siendo una empresa que cotiza en bolsa.

En 1994, se abren las primeras plantas embotelladoras en Vietnam.

(España, s.f.)

4.1.1.1. Embotelladoras de Coca Cola en España

El inicio de esta marca en España se remonta a los años 50 con la concesión para fabricar el producto de las primeras embotelladoras españolas, siendo el 31 de marzo de 1953 la primera vez que una botella de Coca-Cola sale de una fábrica de España, concretamente de la fábrica de Cobega, en Barcelona.

Las estructuras aumentan en los años 60 a partir de otras embotelladoras de menos envergadura, dando cobertura a todo el país. Este sistema ha durado varias décadas, concluyendo en 2013 con un proceso de fusión de las 8 embotelladoras que había entre España y Portugal, naciendo Coca-Cola Iberian Partners.

En el año 2016, Coca-Cola Enterprises, Coca-Cola Iberian Partners y Coca-Cola Erfrischungsgetränke realizan su unión, convirtiéndose en la mayor embotelladora de Coca-Cola en cuanto a ingresos del mundo, teniendo un total de 50 plantas de embotellado, 25000 empleados y 300 millones de consumidores en un total de 13 mercados.

(Anfabra, 2019)

4.1.2. Embotelladoras en España

En España, el agua embotellada representa prácticamente toda la cantidad de agua mineral natural que se consume en España, siendo de un 97%. Desde el año 2014, ha habido un incremento en el consumo de aguas minerales, apareciendo un incremento en la construcción de nuevas plantas embotelladoras, pasando de un total de 126 en el año 2001 a 165 en 2019, siendo un incremento del 30.9% de plantas de embotellado, aunque la mayoría de las reconocidas por la Unión Europea se concentran en unas pocas provincias.

Las zonas más importantes de plantas de embotelladas son el Parque Natural del Montseny en Girona, los Parques Nacionales de Sierra Nevada en Granada y la Sierra de Guadarrama en Segovia, debido a que son tres áreas montañosas en las que hay

muchas precipitaciones en forma de nieve, permitiendo que el agua se filtre lentamente, siendo recogida a través de diferentes tipos de captaciones.

A finales del siglo XX, el negocio del agua embotellada atrajo a grandes multinacionales, disparándose la creación de nuevas plantas de embotellado. (Nomad, 2020)

4.1.3. Hidritec

Contiene una planta contenerizada móvil diseñada por HIDRITEC, con la finalidad de embotellar el agua una vez ha sido tratada, embotellándola con la finalidad de que sea más factible la distribución.

Esta planta tiene un diseño en un contenedor de 40 pies, facilitando el transporte y la instalación. Esta planta es ideal en lugares donde es complicado acceder a agua potable.



Ilustración 1: Planta Hidritec

La planta tiene una serie de procesos, que son los siguientes:

- Tratamiento de agua: La planta contiene una captación de agua bruta, con un proceso de filtración, de desinfección y ósmosis inversa.
- Sistema de soplado de botellas: Mediante preformas de PET, se fabrican las botellas mediante un proceso automático y controlado mediante el PLC de la planta de embotellado.

- Sistema de llenado y tapado: De manera automática, se produce el enjuague y la esterilización de las botellas, así como el llenado y el posterior tapado con los tapones a través de plástico roscado.

- Sistema de impresión y etiquetado: Mediante un diseño personalizado para la botella, finalmente se etiqueta las botellas que se han producido.



Ilustración 2: Línea de llenado de Hidritec

Las principales características de esta planta de embotellado son las siguientes:

- Son fáciles de transportar, debido a que la planta está montada en un contenedor marítimo de 40 pies.
- Es sencillo operar en la planta, debido a que tiene un proceso que está totalmente autorizado.
- No es necesario que el personal esté cualificado.
- Tiene una capacidad de tratamiento y de embotellado de hasta 2000 botellas por hora.
- El tamaño de la botella a fabricar se puede seleccionar desde 250 ml hasta 2 litros.

(Hidritec, 2016)

4.1.4. AMS Ferrari

AMS Ferrari es una empresa con una experiencia de más de 30 años en el sector de embotellado, proponiéndose como una referencia única para las líneas completas de llenado de botellas y latas en el sector de las bebidas.

Esta empresa presenta diferentes soluciones, incluyendo máquinas de origen italiano y europeo y dependiendo del producto serán completadas con sistemas de estirado-soplado de botellas PET, de extrusión de botellas HDPE o despaletización de botellas de vidrio y latas, para realizar la alimentación de los envases a la línea de llenado, entre otras cosas.

Las máquinas que se necesitan para alimentar el envase, llenarlo, etiquetarlo y envasarlo son flanqueados por los diferentes sistemas de tratamientos de agua, preparación de refrescos y zumos de frutas y la maquinaria necesaria para que se produzca el proceso de llenado de los diferentes productos.

La planta que tiene esta empresa será la siguiente:

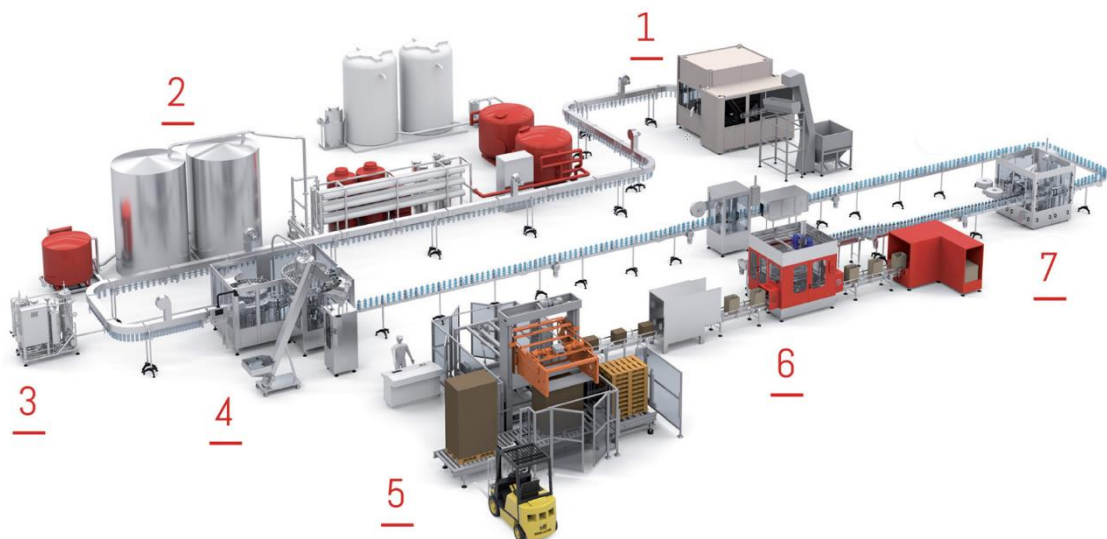


Ilustración 3: Planta de AMS Ferrari

1. **Formación de botellas PET:** Las máquinas de soplado están formadas por lo siguiente:
 - Módulo de reorganización de las preformas.
 - Módulo de calentamiento de las preformas.
 - Módulo de estirado-soplado para la formación de botellas.



Ilustración 4: Formación de botellas PET

Realizar el cambio de formato y sustituir el molde es muy sencillo y rápido de realizar. El cuadro eléctrico y las instalaciones eléctricas dan el menor consumo de energía posible. Estas máquinas están etiquetadas mediante una tolva para la alimentación automática de las preformas. Para cada forma que tenga la botella se suministra un molde, siendo fabricado mediante máquinas herramienta de una elevada precisión.



Ilustración 5: Moldes botellas PET

2. **Technology System Processing:** Mediante las salas de control en las que se desarrolla todo el procesado del embotellado, se ha conseguido el máximo nivel del grado de automatización. Además, esta empresa ha desarrollado un gran conocimiento en cuanto a las depuradoras de agua, mediante sofisticadas tecnologías, yendo desde el ozono hasta la ultrafiltración.



Ilustración 6: Technology System Processing

3. **Premix Carbonator:** Consiste en productos de una gran calidad debido a la aplicación de tecnologías innovadoras, garantizando una minimización en el precio de instalación y puesta en marcha, teniendo un completo control y tener el proceso automatizado, reduciendo el número de veces que tendrá que intervenir el operador, así como un sistema de rápido cambio de producto.



Ilustración 7: Premix Carbonator

4. **Filling Systems:** Esta empresa produce diferentes máquinas y líneas, tanto para embotellado, como llenado de diferentes líquidos.



Ilustración 8: Filling Systems

5. **Automation Conveyors:** Los sistemas de transporte tienen naturaleza modular, ofreciendo soluciones a los problemas de la instalación, garantizando la continuidad del suministro y la evacuación de la maquinaria en funcionamiento. La fase más importante de un ciclo de producción es la automatización, debido a que se busca una conexión óptima de las diferentes fases de producción, consiguiendo un rendimiento óptimo.



Ilustración 9: Automation Conveyors

6. **Labelling and Sleever:** Esta empresa ha entrado en el sector de Sleever mediante una gama de máquinas en las cuales se aplican el sellado, el etiquetado del cuerpo y el etiquetado total. El envasado y el diseño de las botellas tienen una gran importancia para las necesidades del marketing corporativo. Debido a esto, AMS FERRARI se ha dedicado durante un tiempo como una empresa del grupo para que se construyan las etiquetadoras.

Los modelos que se fabrican cubren el mundo del etiquetado de envases:

- Etiquetadoras de adhesivo en papel, de forma lineales y rotativas con centrado.
- Etiquetadoras de papel envolvente adhesivo termofusible.
- Etiquetadoras OPP Roll Fed de bobinas lineales y rotativas.



Ilustración 10: Labelling and Sleever

7. **Packaging and Palletizing:** AMS FERRARI está integrado en la tecnología de envasado analizando las diferentes soluciones, entre las que se encuentra la implantación en las instalaciones de máquinas de envasado. Mediante el conexionado de las máquinas de envasado se hace a través de dispositivos de transporte, división y alineación confiriendo a la instalación de las características del sistema Interactivo-Fluctuante.



Ilustración 11: Packaging and Palletizing

Este sistema es grande para poder competir de manera internacional y pequeño como para poder contestar y satisfacer las necesidades que tengan los clientes. AMS



FERRARI packaging TEAM tiene una actividad basada en una filosofía empresarial que se sitúa para crear y mantener de forma estructura flexible y ligera. Tienen una gran red de sedes de forma estratégica por todo el mundo, teniendo diferentes tecnologías de embalaje inmejorable para la experiencia y la profesionalidad. Esto es integrado en la tecnología de envasado con el estudio de diferentes soluciones, entre las que están incluidas la inserción en las instalaciones de máquinas de envasado y realizaciones llave en mano.

El conexionado de las máquinas de envasado se hace a través de diferentes dispositivos del transporte, de división y alineación que otorgan a la instalación las diferentes características del sistema Interactivo-Fluctuante. (Cambell, s.f.)

5. MARCO TEÓRICO

5.1. HISTORIA DE SIEMENS

Werner Von Siemens inició sus estudios de ingeniería cuando se encontraba en el ejército de Prusia, completando a los tres años los relativos a matemáticas, física, química y balística. A raíz de estos conocimientos, realizó diferentes estudios. Entre sus estudios, realizó el telégrafo de aguja mediante el empleo de materiales muy sencillos, siendo uno de sus primeros logros. A partir de este logro, fundó la compañía alemana Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske junto al mecánico Johann Georg Halske en el año 1847. Con esta compañía patentó el telégrafo y el aislamiento sin costura en cables de cobre, siendo dos pilares para el desarrollo actual de la tecnología de las telecomunicaciones.

Durante la década de 1850, esta compañía empezó a desarrollar una red telegráfica por Rusia, llegando a alcanzar los 10.000 kilómetros entre Finlandia y Crimea. En el año 1858 se crea en Inglaterra una sucursal, siendo renombrada posteriormente como Siemens Brothers.

Siemens descubrió en el año 1866 el principio electrodinámico. Este principio demuestra que es posible generar electricidad a una gran escala. Este descubrimiento significó un importante impacto en la economía.

A finales de 1870 se empezó con el desarrollo del ferrocarril eléctrico, siendo presentado en "Berlin Trade Fair". Ese mismo año, se implementó en Berlín este sistema. En 1880, se construyó en Mannheim el primer ascensor eléctrico, poniéndose en funcionamiento al año siguiente la primera línea de tranvía eléctrica entre Berlín y Lichterfelde.

En la digitalización de la industria, Siemens ha sido una parte activa con su apoyo y participación en el desarrollo de la tecnología de los semiconductores, que fue implementada en el año 1920. Este tipo de tecnología es la base de la computación moderna.

En la década de 1990, Siemens colaboró en un proyecto para diseñar trenes que tuvieran su desplazamiento mediante levitación magnética, siendo cancelado a pesar de lo ambicioso que era.

5.1.1. Simatic

En cuanto a la automática, la marca SIMATIC fue registrada en 1958 con el objetivo de crear un sistema de control automático que fuera diferenciador, acabando por ser el controlador PLC más revolucionario de la época, lo que hizo que el concepto de la automatización industrial cambiara definitivamente.

La primera generación de PLC se presentó en la Feria de Máquinas Herramientas de París en 1951 con el SIMATIC G. Debido a que tenía muchas funciones, lo convertía en el controlador perfecto para una gran cantidad de aplicaciones en las que se tuviera que realizar una gran cantidad de trabajos secuenciales.

La segunda generación se lanzó en el año 1964, conociéndose como SIMATIC N. Esto se convirtió en la referencia mundial de la automatización debido a que tenía sistemas diseñados con transistores. Esto permitía la integración de una mayor cantidad de funciones, lo que tenía una elevada importancia debido a buscar realizar el control de grandes plantas industriales con grupos de control descentralizados.

La tercera generación, denominada como SIMATIC S3, se lanzó en 1973 como una gran revolución en cuanto a los PLC, siendo eclipsada por su siguiente generación, que fue conocida como SIMATIC S5 y fue una de las generaciones más importantes de la historia de la automatización.

El lanzamiento de la generación del SIMATIC S5 supone un gran cambio para el mundo del PLC, debido a que estaba compuesto por modelos modulares con una tecnología muy avanzada, evolucionando con los primeros PCs, ofreciendo una mayor velocidad, memoria y capacidad, lo que los hacía mucho mejor que cualquier sistema equiparable de la época.

Su popular herramienta de programación que estaba basada en PC, STEP 5, lo que permitía era programar, comprobar y documentar los programas que estaban desarrollados en base a varios métodos de representación, como eran la lista de comandos (STL), los diagramas Ladder (LAD) o los diagramas por bloques funcionales (FBD). Su integración con sistemas SCADA y los buses de campo hicieron que se pusiera el control de la planta a la vista del usuario.

A partir de 1995, la última generación de PLC, SIMATIC 7, que es con la que vamos a realizar el proyecto y con la que trabaja Siemens actualmente, apoyándose en sus herramientas de programación (STEP 7 y TIA Portal) y sus sistemas HMI, constituyendo un sistema que tenga la capacidad de realizar el desarrollo de la ingeniería, la puesta en marcha, la operación y la monitorización de una planta.

5.1.2. Step 7

STEP 7 constituye una parte fundamental de SIMATIC 7.

Para programar debemos de tener en cuenta dos aspectos clave. El SO del autómatas, que determinará el punto de complejidad de las funciones y de las instrucciones que el programa podrá asimilar y el programa usuario, que será el conjunto de instrucciones lógicas que serán transferidas al autómatas determinando su funcionamiento.

Vamos a entrar a detallar con el programa de usuario, la cual es la pieza fundamental sobre la que se puede operar y en la que está enfocada el proyecto. En el programa usuario es donde se determinan las condiciones de arranque del autómatas, los datos y las señales que debe procesar y las órdenes que deben ejecutar los diferentes actuadores.

Para que el autómatas realice diferentes operaciones prefijadas en un orden determinado, necesitamos una memoria dividida en diferentes partes:

- Imagen de las E/S: Es el estado en el que se encuentran las diferentes entradas y salidas del PLC que son leídas al comienzo de cada ciclo de ejecución, actualizándose con los nuevos valores al final del mismo.
- E/S de la periferia: Consiste en valores reales de entradas y salidas, pudiendo actuar en ellos en tiempo real. Estos valores deben de leerse en formato de bytes, Word o doble Word, nunca pudiendo ser un bit concreto.
- Marcas: Son variables que están indexadas y son globales del programa, pudiendo darles valor dentro de cualquier parte del programa. Estas variables pueden permanecer tras el apagado del PLC o ser volátiles, pudiendo ir desde un bit hasta un ancho indeterminado mediante el empleo de punteros.
- Temporizadores y contadores: Los temporizadores pueden ser de dos tipos, de software (IEC) o S7 (siendo equivalentes a los que había en S5). Los últimos son hardware y dependen directamente de la CPU, mientras que los de software dependen de la memoria que se encuentre disponible. Los contadores son unos elementos que son muy utilizados en cualquier tipo de operación.
- Módulos de datos (DB): Estas son las áreas de memoria que define el usuario, teniendo diferentes longitudes y contenidos. Son remanentes al apagado del PLC por defecto, es decir, que guarda los datos almacenados en la memoria al quitar la tensión de alimentación o al pasar de RUN a STOP. Esta memoria se almacena en la memoria RAM del PLC que está respaldada por una batería.

- Variables temporales: Estas variables son las declaradas dentro de los módulos para los cálculos intermedios y locales. El valor inicial será el valor final que haya leído, siendo muy importante tener el control de su contenido en todo momento.

Hay una serie de módulos a los que se accede para tratar los datos que se almacenan en la memoria, siendo una elección del usuario dependiendo de lo que busque:

- Módulos de organización (OB): Son módulos que tienen funcionalidades específicas, por lo que no se puede realizar la llamada desde otros bloques, por lo que el autómata gestionará las llamadas cuando sea necesario. Hay de diferentes tipos, pudiendo ser de arranque (OB100, OB102), de ejecución del programa principal (OB1), cíclicos (OB35), horarios, de fallo...
- Funciones (FC): Son bloques que se pueden llamar desde OB, FC o FB. Su misión es la de tener el código bien estructurado, haciendo que sea lo más legible posible mediante la división del programa en zonas, máquinas, submáquinas... Hay una serie de valores en la entrada y la salida, permitiendo lograr que se reutilicen las funciones para otros programas. Además, se podrá usar variables temporales para la lógica interna del bloque.
- Bloques de función (FB): Similares a los FC, salvo que las variables internas tengan remanencia entre ciclos debido a las llamadas estáticas. Para conseguir esto, se les asocia un bloque de datos (DB) para realizar la instanciación. Estos bloques se pueden usar en los mismos casos que las funciones. También se pueden usar dentro de las llamadas estáticas de otros FB.
- Bloques de memoria (DB): Estos bloques pueden ser globales o de instancia. En caso de ser globales, el usuario los declara, pudiendo contener variables de todo tipo para obtener estructuras complejas. Los de instancia son los necesarios para que se ejecuten los FB, por lo que toman su misma.
- Módulos de sistema (SFC, SFB, SFB): Estos módulos son FC y FB que están integrados en el sistema operativo del PLC, siendo utilizados de forma habitual con la finalidad de obtener y tratar información del PLC.

A parte de los diferentes módulos ya comentados, la base de Step 7 consiste en dos palabras de estado por la que se rige toda la lógica del programa, que son ER y RLO, siendo bits de 0 o 1. Estos operadores se utilizan al inicio de cada ciclo durante toda la ejecución del programa con la finalidad de conocer el estado de la lógica interna de todas las operaciones que se realizan, siendo parte indispensable de la inteligencia del mismo.

El significado de ambas palabras es el siguiente:

- ER: Esta palabra hace que, según el bit, podemos ver si es la primera instrucción que modifica el RLO o no. En caso de que el bit sea 1 significa que la instrucción es la primera instrucción modificadora, mientras que si es 0 no es la primera instrucción modificadora.
- RLO: En caso de que sea la primera instrucción modificadora, el RLO tendrá el valor de la instrucción, mientras que si no es la primera instrucción modificadora, el RLO será el RLO más la operación que se haya deseado mediante la instrucción.

Mediante esta explicación podemos tener una pequeña idea de cómo será el funcionamiento del programa usuario, pudiendo plasmar esta explicación en el siguiente esquema gráfico:



Ilustración 12: Funcionamiento programa usuario

Debemos de saber que el tiempo de ciclo es el tiempo en milisegundos que necesita un PLC con la finalidad de ejecutar una secuencia completa mediante las instrucciones que le han sido asignadas.

Este tiempo no es constante, debido a que depende del ciclo de ejecución, pudiéndose realizar unas operaciones u otras. Con la finalidad de asegurar un buen funcionamiento en un tiempo, normalmente se usa un watchdog, que habitualmente se fija en 150 ms, pasándose al estado de STOP en caso de que ese tiempo sea superado. Esto será accionado cuando haya algún bloque que no tenga salida (o

cuando haya un lazo infinito o no de tiempo a que haya acabado la ejecución anterior) o cuando haya programas que sean largos en exceso y no estén optimizados de forma correcta. (Antón García, 2018)

5.2. PLC

Un PLC consiste en un “cerebro” cuya función es activar los diferentes componentes de las máquinas, haciendo que estos realicen diferentes actividades que sean peligrosas para realizarlas las personas, o en su defecto muy lentas o imperfectas.

Un PLC controlará las diferentes funciones del proyecto, según sea necesario, pudiendo desarrollar control, registro, monitoreo...

Las partes principales de un PLC son la CPU, un módulo de memorias y de entradas/salidas, la fuente de alimentación y la unidad de programación. Para que trabaje de forma correcta, se necesita realizar una correcta programación, atendiendo a la función que realizará.

Esta programación se realizará en el software específico a la marca, que en nuestro caso será Siemens, y al lenguaje de programación, que será, en nuestro caso, KOP.

La CPU del PLC lo que hace es almacenar y procesar los datos del programa, pero los módulos de entrada y salida realizan la conexión del PLC con el resto de la máquina. Los módulos de entradas y salidas son los que proporcionan la información a la CPU, activando una serie de resultados específicos. Las entradas y salidas pueden ser analógicas o digitales. En los dispositivos de entrada pueden incluir sensores, interruptores y medidores, mientras que las salidas pueden incluir relés, luces, válvulas y variadores. Con la finalidad de obtener una configuración adecuada para su aplicación, el programador puede realizar una mezcla entre las entradas y las salidas del PLC combinándolas.

Además de los diferentes dispositivos de entrada y de salida que puede utilizar un PLC, también puede realizar su conexión con otros sistemas diferentes, como la exportación de los datos de la aplicación que el PLC haya registrado a un sistema de control de supervisión y adquisición de datos, conocido como SCADA, monitoreando diferentes dispositivos que están conectados entre sí. Los PLC tienen una serie de puertos y protocolos de comunicación con la finalidad de asegurar que el autómatas pueda comunicarse con estos otros sistemas.

Para la interacción en tiempo real con el PLC, los usuarios utilizan un HMI, que es una interfaz entre hombre y máquina. Lo que hacen estas interfaces de operario, que hacen que puedan ser pantallas simples, con lectura de texto y de teclado, dejan que el usuario revise e introduzca información en el PLC en tiempo real.

Como resumen, podemos decir que el PLC tiene como función la detección de diferentes tipos de señales del proceso productivo, realizando una elaboración y envío de acciones en relación con la programación realizada. Además, la configuración de los operadores es recibida, dando reporte a los mismos y aceptando las modificaciones del programa cuando esto sea necesario.

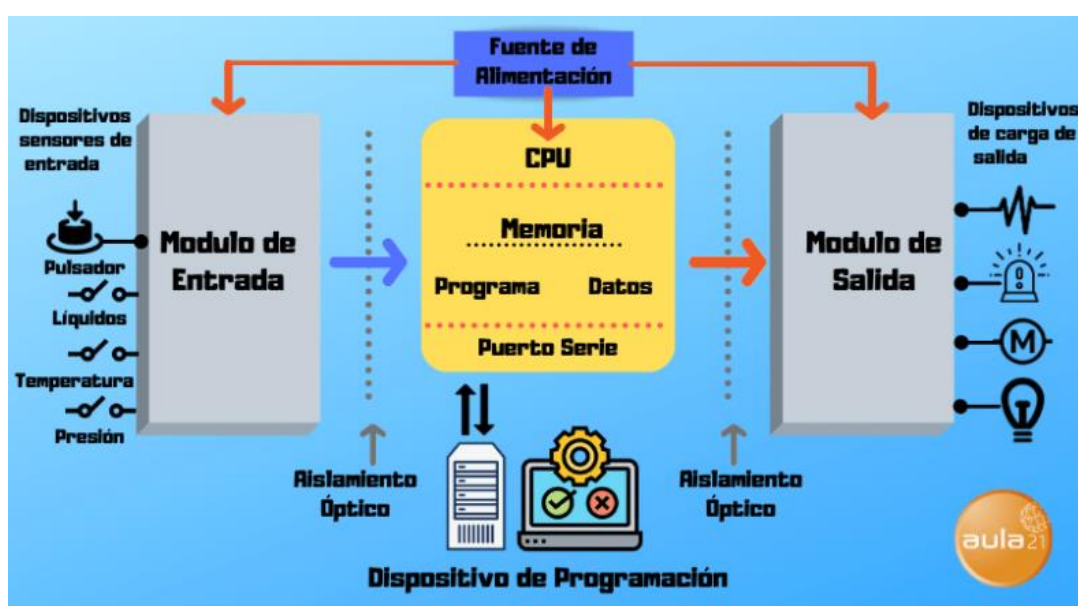


Ilustración 13: Diagrama de los componentes de un PLC

Las ventajas de los PLCs a parte de las tareas previamente explicada debido a la conexión de cableado que es menos laboriosa, facilitando la corrección de errores y la modificación de la aplicación.

Entre las ventajas más destacables se encuentran las siguientes:

- El tamaño físico es menor que las soluciones cableadas.
- Los cambios se realizan de una forma más simple y veloz.
- Los PLCs tienen una serie de funciones de diagnóstica y anulación que tienen integradas.

(industria, Aula 21, 2020)

Estos autómatas aparecieron debido a que al desarrollarse el internet y las tecnologías electrónicas se buscaba una forma de reemplazar los sistemas de control

que estaban basados en circuitos eléctricos de lógica combinacional, con relés e interruptores.

A finales de la década de los 60, empezaron a aparecer los primeros tipos de autómatas programables, cuyas características eran muy simples, teniendo una vida útil muy larga.

Lo que se buscaba con la automatización industrial era reducir las tareas repetitivas en las fábricas utilizando dispositivos electrónicos.

Se comenzaron a incorporar en el mercado microprocesadores a la composición del PLC, creando PLCs que eran capaces de realizar una comunicación entre ellos, controlando los procesadores de forma telemática. Además, fueron implementadas mejoras tecnológicas para mejorar los datos que se obtuvieron.

Estas diferentes modificaciones que se han ido produciendo han hecho que los PLCs se puedan agrupar en diferentes categorías, que son las siguientes:

Tipo compacto

Un PLC compacto es un tipo de PLC que se ajusta a las especificaciones genéricas de los PLCs, teniendo incorporada en él la fuente de alimentación, la CPU y los diferentes módulos.

Existen este tipo de PLCs en tamaño nano, que tienen un tamaño muy reducido, con un funcionamiento básico que está limitado debido a las características del PLC. Este tipo de equipos contienen entradas que permiten acoplar sensores de temperatura, presión, humedad, mediante los cuales controlan la precisión de las máquinas y equipos.

Tipo modular

Este tipo de PLC tiene la característica de estar compuesto por módulos ampliables, que tienen la característica de tener más potencia que el modelo compacto. Este tipo de PLC trabaja con programas que son más complejos, teniendo una gran capacidad de memoria y operatividad.

Montaje en rack

Este tipo de PLC es prácticamente igual que el PLC modular, pero con la diferencia de que en el rack se colocan los diferentes módulos que tiene el PLC.

Al montar el rack, se intercambia la información entre los diferentes módulos, permitiendo una velocidad mayor de la transmisión de la información, optimizando el funcionamiento del PLC.

PLC con HMI incorporado

El HMI consiste en un dispositivo programable, que tiene una interfaz gráfica y que combinado con el PLC permite la optimización en la programación y el uso de la máquina. Esto reduce el cableado de los elementos del PLC, mostrando en una pantalla gráfica su programación.

A los PLCs se les puede dar una utilidad con una implementación simple además de una rápida ejecución, permitiéndonos autorizar los procesos del proyecto a realizar mediante un mantenimiento y una instalación personalizada.

(Country, 2019)

5.3. SCADA

El sistema SCADA, conocido como sistema de control de supervisión y adquisición de datos, es una herramienta de automatización y control industrial que se utiliza en los procesos productivos, pudiendo controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a través de una aplicación informática. La finalidad de un SCADA es la evaluación de los datos con el propósito de arreglar errores que se puedan producir.

El SCADA consiste en la agrupación de aplicaciones informáticas instaladas en un ordenador que se denomina Máster, estando destinado al control automático de una actividad productiva a distancia interconectada con otros dispositivos, que son los PLCs.

Los SCADA son elementos fundamentales en las plantas industriales, ayudando a mantener la eficiencia, procesando los datos para tomar decisiones más inteligentes y comunicando los problemas del sistema con la finalidad de ayudar a reducir el tiempo de parada.

Un SCADA está formado por software y hardware, lo que permite al usuario lo siguiente:

- Realizar un control de los procesos industriales, ya sea de forma local o remota.
- Realizar la monitorización, la recopilación y el procesado de los datos en tiempo real.
- Interactuar de forma directa con dispositivos como sensores, válvulas, motores y la interfaz HMI.
- Grabación de la secuencia de una base de datos de los acontecimientos que se producen en un proceso productivo.

- Creación de paneles de alarma para cuando se produzcan fallos de máquinas por problemas de funcionamiento.
- Gestión del mantenimiento con las magnitudes que se obtengan.
- Control de la calidad a través de datos recogidos.
- Los componentes de un SCADA son los siguientes:
- HMI: Es una interfaz cuya función es conectar al hombre con la máquina presentando los datos del proceso ante un operario a partir de un sistema de monitoreo, controlando la acción que se está desarrollando a partir de una pantalla.
- Sistema de supervisión (CPU): Tiene la función de recopilar los datos del proceso y enviar las instrucciones mediante una línea de comandos.
- Unidades terminales remotas (RTU): Son microprocesadores cuyas señales obtenidas son independientes de una acción para enviar la información que se obtiene de forma remota para que procese. Se conecta a sensores que convierten las señales recibidas en datos digitales, que envían estas señales al ordenador o sistema de supervisión.
- PLCs: Autómatas programables explicados en el apartado anterior.
- Red o sistema de comunicación: Se encarga de establecer la conectividad del ordenador a las RTUs y PLCs. Utiliza conexiones vía modem, Ethernet, Wifi o fibra óptica.
- Sensores: Como ya hemos explicado, son dispositivos que actúan como detectores de magnitudes físicas o químicas, que se denominan como variables de instrumentación y las convierten en variables o señales eléctricas.
- Actuador: Como ya hemos explicado, es un dispositivo mecánico que se utiliza para actuar u ofrecer movimiento sobre otro dispositivo mecánico.

El funcionamiento será el siguiente:

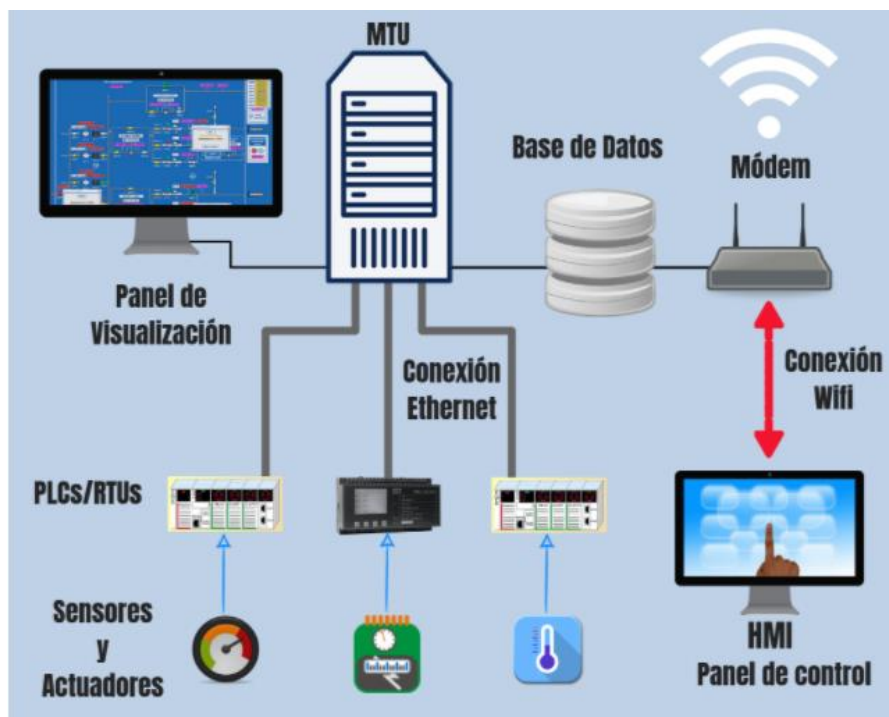


Ilustración 14: Funcionamiento de un SCADA

La arquitectura básica de un SCADA está compuesta por PLCs o unidades terminales remotas (RTUs). Los PLCs y RTUs consisten en microprocesadores comunicados con una serie de instrumentos, como pueden ser la maquinaria de fabricación, HMIs, sensores y dispositivos finales. Posteriormente, la información de esos objetos es dirigida a computadoras con software SCADA, procesando, distribuyendo y mostrando los datos, lo que ayuda al usuario a realizar un buen análisis de los datos, tomando decisiones importantes.

Lo más importante en un sistema SCADA es la automatización. Permite que una industria realice un estudio, adelantando una respuesta óptima a las condiciones medidas y ejecutando las respuestas de forma automática. Realizar un control preciso de la máquina para monitorear los equipos y procesos consigue que se puedan eliminar los errores humanos. Además, automatiza las tareas que son comunes y rutinarias para evitar que las realice el trabajador, aumentando la productividad, mejorando la gestión de las fallas críticas de las máquinas en tiempo real y minimizando la posibilidad de que se produzcan desastres ambientales.

A parte de esto, los sistemas SCADA se necesitan para monitorear y controlar un desplazamiento geográfico grande en el que la organización quizá no tenga suficiente mano de obra para cubrirla, siendo una comunicación de confianza y operando en áreas donde la operatividad es crítica para la rentabilidad.

Los sistemas SCADA se utilizan para realizar el control y mantener la eficiencia, distribuyendo datos para tomar decisiones más inteligentes y comunicar problemas del sistema con la finalidad de intentar reducir al máximo el tiempo de inactividad. Este tipo de sistemas funcionan en todo tipo de empresas, como pueden ser empresas de energía, de alimentación y bebidas, de potencia, de reciclaje y un sinfín más de empresas.

Este tipo de sistema está repartido por todo el mundo, habiendo un tipo de SCADA, que mantiene los sistemas entre los parámetros programados, para poder alcanzar unos estándares de calidad buscados por las empresas.

Estos sistemas se utilizan con la finalidad de gastar el menor tiempo y dinero posible.

(industria, Aula 21, 2020)

5.4. FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE EMBOTELLADO

Una planta de embotellado consiste en un flujo del proceso de producción en una escala de micro empresa.

Se presenta el flujo del proceso productivo de manera general.

Depende de los productos a embotellar, el proceso productivo puede ser homogéneo o variar del mismo. Para ello, deberemos de evaluar el propósito de cada actividad prevista, así como la naturaleza de las máquinas y los equipos, el tiempo y el tipo de operaciones que se van a realizar, involucrando a los diferentes productos que se pretendan realizar.

El proceso productivo de esta planta de embotellado será el siguiente:

- Se comenzará realizando unos tratamientos de reactivos tomando agua bombeando el agua desde una cisterna de tratamiento, realizando una penetración bacteriológica a partir de base de gas ozono mediante el cual se efectúa un desprendimiento de moléculas de oxígeno, realizando una esterilización y pasando a una cámara hermética de tres lámparas de radiación ultravioleta.

Después de tener el agua reposando durante unas 8 horas para que se coagulen las partículas y se asienten los sólidos que queremos retirar, muriéndose todos los microorganismos patógenos.

- Una vez haya pasado el tiempo de reposo, se comienza a realizar el filtrado bombeando el agua mediante los filtros, siendo un filtro de grava y arena, mediante el cual se eliminan los sólidos que todavía están suspendidos en el agua.

Se realiza un segundo filtrado con la finalidad de eliminar el carbón activado con la finalidad de eliminar el sabor a cloro que le queda al agua, además de diferentes olores. En este filtro se retienen las partículas que dan color al agua.

- Después de realizar el filtrado, se pasa el suavizador, que está cargado con zeolitas, que son unos minerales aluminosilicatos microporosos, que tienen un efecto magnético que ayuda a la expulsión de los metales pesados que se encuentran en nuestra sangre mediante la orina. Aquí se realiza un intercambio catiónico convirtiendo las sales en calcio y magnesio por sodio.
- Como último filtro, se realiza la osmosis inversa, lo que retira todas las sales que quedan, mediante membranas cargadas con pulidores de intercambio catiónico.
- Cuando está el agua purificada, esta es almacenada en un tanque elevado que está forrado con azulejo de color blanco. El tanque se tapa con la finalidad de que el agua no se contamine, realizándose desde este tanque el llenado de garrafones.
- Se lleva a cabo un lavado de garrafones mediante lavadoras automáticas. Este lavado se divide en dos secciones, siendo una de lavado y la otra de enjuagado. Para realizar el lavado, se utiliza una solución de sosa cáustica al 2%, que es inyectada a presión por la boca del garrafón invertido. El enjuague se realiza en la segunda sección de la lavadora, inyectando las válvulas el agua tratada con la finalidad de retirar la sosa de forma completa, pasando los garrafones limpios a la sección de llenado.
- Mediante una máquina llenadora, el garrafón se coloca en una mesa con rodillas debajo de las válvulas, realizándose el llenado. Después se desliza por una mesa fuera del área de llenado, donde se realiza un tapado con unos capuchones de plástico, habiendo sido desinfectados a partir de una solución clorada. Una vez se ha realizado esto, se procede a etiquetar las botellas y trasladarlas al almacén.

En esta planta de embotellado un día normal se inicia con el lavado de toda el área de almacenado, colocando los medidores de partículas. Una vez hecho esto, se llenan los tanques de almacenamiento con agua cruda, iniciándose después el proceso de filtración mediante varios filtros que se colocan de forma lineal para que de nuevo se filtren a través de unos filtros purificadores de agua.

El agua se conduce mediante tubos a la sección en la que se produce el llenado, lavando y enjuagando los garrafrones, mientras otro trabajador los llena y los tapa, siendo finalmente trasladados por el trabajador al almacén.

Para realizar la elaboración del diseño de la distribución de la planta de embotellado se deben de tener en cuenta una serie de factores, que son los siguientes:

- Se debe de determinar el volumen de trabajo de la producción.
- Se debe de considerar que se va a realizar un movimiento de diferentes materiales, además de un flujo de materiales.
- Se debe de realizar una correcta distribución de la planta de embotellado.

Para conocer de forma correcta la planta de embotellado, se debe de utilizar el flujo de operaciones, estando orientado a expresar gráficamente el proceso de producción completo, empezando desde el proceso de recepción de la materia prima hasta la distribución del producto terminado, pasando, como es lógico, por el proceso de fabricación y embotellado.

(Pack, s.f.)

5.5. SENSORES

Se conoce como sensor a un dispositivo que detecta cuando se produce un cambio en el entorno, respondiendo a alguna salida en el otro sistema, convirtiendo el fenómeno físico modificado en el entorno en un voltaje analógico, o una señal digital, que se puede medir, convirtiendo el valor en algo que sea legible para cualquier humano.

Los sensores son usados por todos nosotros durante nuestro día a día. Por ejemplo, uno de los más conocidos es el micrófono, convirtiendo la energía que se produce con el sonido en una señal eléctrica. Esta señal se amplifica, se transmite, se graba y se reproduce.

Otro de los más comunes son los termómetros de mercurio con la finalidad de medir temperatura. Esto consiste en que el mercurio coloreado en un pequeño tubo

cerrado, basándose en que reacciona a las modificaciones de temperatura de una forma constante y lineal, debido a que es un producto químico.

Al estar marcado el tubo con valores, cualquier persona puede interpretar de forma correcta los datos, a pesar de ser algo limitado por el tamaño visual de las marcas de escala.

(Dewesoft, 2000)

Hay una gran cantidad de sensores, mediante los que podemos medir diferentes magnitudes, como temperatura, presión atmosférica, el ritmo cardiaco, la geolocalización, o infinidad de magnitudes más.

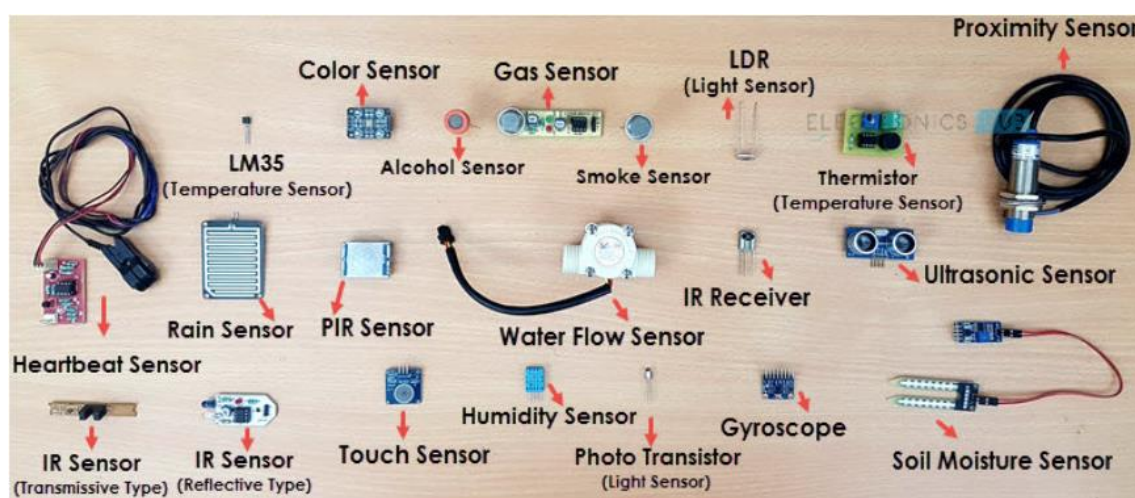


Ilustración 15: Diferentes sensores

En resumen, el sensor recibe un estímulo, el cual interpreta y convierte este estímulo en una señal eléctrica la cual vamos a interpretar.



Ilustración 16: Resumen de actuación de un sensor

Hay diferentes formas de clasificar los sensores. Una de las posibles clasificaciones es dependiendo de si sus datos de salida son digitales o analógicos, utilizándose para el desarrollo de interfaces físicas, sistemas robóticos...

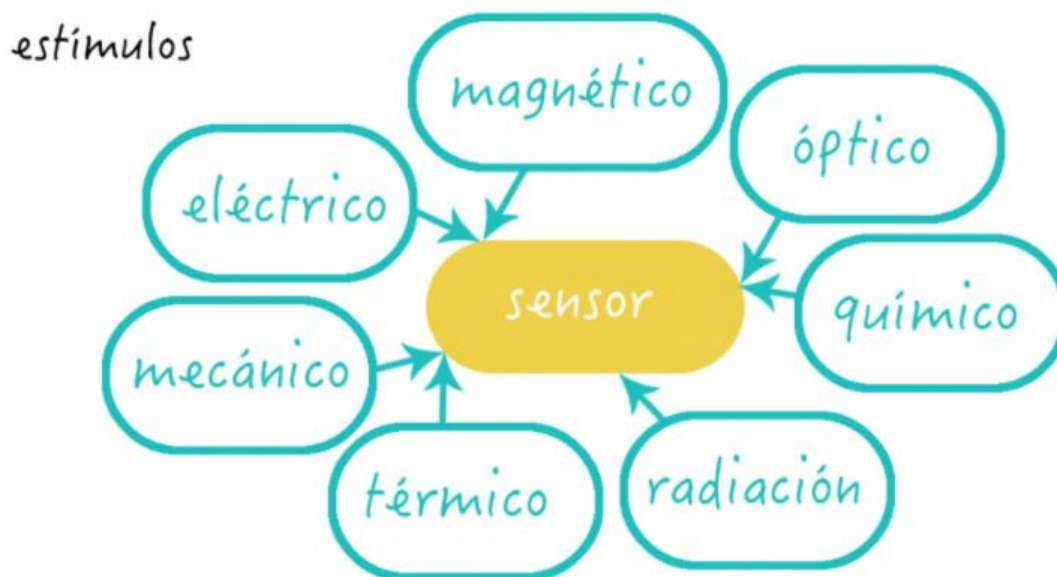


Ilustración 17: Clasificación sensores

(Kaira, 2020)

Hay muchos tipos de sensores para medir diferentes fenómenos físicos, centrándome en este proyecto solamente en los que van a ser necesarios en nuestra planta.

5.6. ELECTROVÁLVULAS

Una electroválvula consiste en un dispositivo electromecánica que resulta primordial para regular el flujo de los fluidos de un circuito, disponiendo generalmente de posiciones de abierto y cerrado. Este tipo de válvulas realizan su movimiento debido a la acción de una bobina solenoide. Esta bobina las diferencia respecto a las válvulas motorizadas, accionándose el mecanismo mediante un motor, permitiendo esto que haya posiciones abiertas o cerradas.

El funcionamiento de una electroválvula es simple: en el cuerpo se apoya la membrana de la válvula con ayuda del muelle, evitando que el agua pase por la presión que ejerce el agua, estando unificada en la parte superior y en la parte inferior. Una vez se envía una señal eléctrica al solenoide de la electroválvula, se realiza una imantación de la bobina, levantándose el émbolo. De esta forma, habrá un pequeño agujero en la tapa de la válvula, siendo el lugar por el que sale el agua de la cámara superior. De esta forma, se modifica la presión, liberando el orificio de paso general, comunicando la entrada y la salida de agua del cuerpo de la válvula.

(Arco, Valvulas arco, s.f.)

Hay diferentes tipos de electroválvulas, disponiendo las electroválvulas para agua de dos partes básicas: el solenoide y la válvula. Según el modelo de electroválvula, el solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica, haciendo posible que la válvula sea accionada. En otros casos, la electroválvula tiene dos solenoides, siendo estos los encargados de realizar el movimiento de apertura y cerradura. A partir de la forma en la que estén configurados ambos elementos, podremos distinguir diferentes tipos de electroválvulas para agua:

- **Acción directa:** Estas electroválvulas son aquellas cuyo trabajo es con una bobina con la finalidad de que su trabajo sea de apertura y cerradura del paso del líquido. De forma habitual, solo tienen dos posiciones, que serán abiertas o cerradas.

Con las válvulas de acción directa normalmente cerradas, la varilla que tiene el solenoide se encuentra unida a una bobina, por lo que no se mantiene en su lugar por el resorte. En el momento que el solenoide está cargado, su campo magnético hace que la varilla del solenoide se levante, mueva la bobina y deje que pase el aire al otro lado. En caso de una electroválvula normalmente abierta ocurrirá justamente lo contrario, manteniéndose la bobina en una posición abierta.

(Group, s.f.)



Ilustración 18: Electroválvula acción directa

- **Acción indirecta:** Este tipo de electroválvulas tienen una característica principal de la válvula del tipo acción indirecta que se produce en el momento que recibe un comando eléctrico accionando el émbolo, lo que permite que se produzca una segunda acción en la que el diafragma principal se abra o se cierre mediante una acción indirecta. Este tipo de válvulas tiene que tener una presión mínima para que pueda tener un correcto funcionamiento.

- Acción mixta: Este tipo de electroválvulas tiene un funcionamiento parecido a las electroválvulas de acción indirecta, de forma que se programa un comando de apertura de dos tiempos, vaciando el diafragma grande y presionándolo para conseguir abrir la válvula.

En este tipo de electroválvulas, el embolo se forma por un resorte que se encuentra instalado en el diafragma grande, permitiendo la aceleración de la presión desde abajo hacia arriba, realizándose la apertura con éxito. Este tipo de electroválvulas tienen la similitud con las electroválvulas de acción indirecta de que se utilizan sus diafragmas dependiendo del tipo de material que desees acumular en los dispositivos, pudiendo soportar diferentes rangos de temperatura.

(Anphibius, 2020)

5.7. LLAVES DE PASO

Una llave de paso es indispensable en una planta embotelladora. Este tipo de llave consiste en un dispositivo, que normalmente es de metal, que se utiliza para abrir o cortar el paso del flujo de agua a través de las tuberías.

Son importantes en este tipo de instalaciones, debido a que habrá ocasiones en las que se necesite que no haya circulación por las tuberías, por el cambio de botella, por lo que habrá que ir abriendo y cerrando las tuberías.

Lo más importante es conocer los diferentes tipos de llaves de paso de agua para elegir la óptima para nuestra instalación. Dependiendo del diseño que busquemos y de la forma de abrir o cerrar el flujo del agua, los modelos de llave de paso serán diferentes, siendo los siguientes:

- Llave de paso de agua de mariposa: Se cierra utilizando un disco giratorio que se gira para detener el flujo de agua. Es una buena llave de paso para evitar de una forma muy eficaz el paso de agua cuando el disco esté perpendicular al eje, mientras que permitirá el flujo del agua cuando se encuentre en paralelo.



Ilustración 19: Llave de paso

Este tipo de llave, tiene el eje centrado con el cuerpo recubierto de un elastómero, además de estar protegido contra la corrosión.

- Llave de paso de agua de globo o de asiento plano: Este dispositivo trabaja como si fuera un tapón que asienta en un agujero para que se detenga el flujo o es levantado para permitir el paso. Son buenas para poder regular el agua debido a que el tapón va a poder aproximarse más o menos al asiento.
- Llave de paso de agua o válvula de cuña o compuerta: Este tipo de llave de paso de agua utiliza una compuerta o cuchilla que se introduce en la vía de circulación para parar el flujo de agua. Tiene una elevada capacidad con un cierre hermético y un sencillo diseño. Se utiliza cuando se quiere un todo/nada, es decir, que pase el fluido o que no pase, sin ser regulado.

Este tipo de válvulas se utilizaban hace años, aunque a día de hoy son poco utilizadas debido a que se han sustituido por las válvulas de bola, debido a que este tipo de válvulas tiene el problema de perder la hermeticidad cuando lleva un tiempo utilizándose debido a los sedimentos que se acumulan en las superficies de cierre.

Debido a su construcción, estas llaves de paso de agua producen muy poca resistencia al flujo, haciendo que sean apropiadas para aplicaciones en las que el factor sea importante y las posibles fugas que se produzcan puedan ser toleradas.

- Llave de paso de agua de bola o de cono giratorio: Este tipo de llave de paso consiste en una cerradura esférica giratoria que se abre o cierra con un giro de 90° de la manivela. La bola dentro de la válvula tiene una perforación en un lado en el que deja que el agua pase. En el momento que se cierra la llave, el

orificio queda de forma perpendicular a la entrada y salida, lo que hace que no se pueda producir paso de agua.

Son poco usadas, estando su uso restringido a las llaves que se colocan en el tubo de suministro de agua a la instalación antes del metro contador. Tiene una construcción muy sólida, estando totalmente de bronce para que aguante las condiciones adversas que haya en los tubos de agua.

- Llave de paso de agua de diafragma: Es un tipo de válvula muy utilizada en instalaciones industriales. Mediante esta válvula, desde el exterior se empuja un elemento para detener el flujo de agua, cerrándose con un diafragma. El fluido se aísla de las partes del mecanismo de operación.

(Arco, Arco, 2018)

5.8. CAUDALÍMETRO

Un caudalímetro es un dispositivo que se utiliza para realizar la medición tanto lineal como no lineal, así como la masa o el caudal volumétrico de un líquido o de un gas.



Ilustración 20: Caudalímetro

Para una correcta elección de un caudalímetro se debe de estudiar los diferentes requisitos para nuestra aplicación, viendo cómo evoluciona la naturaleza del fluido de proceso y de la embotelladora en general.

En la elección del caudalímetro, se realiza la consideración acerca de diferentes factores intangibles como pueden ser la experiencia de los empleados que vayan a trabajar con este sensor, la experiencia que tengan con el calibrado y el mantenimiento, la disponibilidad que habrá con piezas de recambio y el historial de fallos en la planta de embotellado. Además, es recomendable que se realice el cálculo

del coste que va a tener la instalación una vez se hayan realizado las medidas, para evitar la elección equivocada del caudalímetro.

Para elegirlo de forma correcta debemos de ver si la información de la velocidad del caudal de la instalación es continua o totalizada, conociendo si esta información va a ser de forma local o remota, resolviendo diferentes preguntas acerca de la transmisión, de la frecuencia de datos, obteniendo una evaluación de las propiedades y características del caudal del fluido y de las tuberías en las que ha sido acomodado el caudalímetro.

Se debe de estudiar el fluido y las características que tiene el caudal, estudiando la presión, temperatura, caída de presión permisible, densidad, conductividad, viscosidad y presión de temperatura máxima de funcionamiento. Además de estudiar toda la información de seguridad y toxicidad con datos detallados de la composición del fluido. Se estudia también unos rangos entre los que debe de encontrarse la presión y la temperatura para un correcto funcionamiento. Debemos de conocer que en caso de que el caudal no llene la tubería se podrá acumular lodo, necesitando una limpieza y mantenimiento correcto.

También se debe de analizar el lugar en el que va a ser instalado, apreciando la dirección, el tamaño, la accesibilidad, los giros y los reguladores y tiradas rectas de tuberías disponibles. A parte, se debe de estudiar posibles campos de vibración o magnéticos que haya en el lugar que se va a colocar, si la energía eléctrica o neumática se encuentra disponible, si la zona se clasifica por riesgo de explosión o si existen otros requisitos especiales, como pueden ser cumplir las regulaciones sanitarias.

Una vez hemos realizado el estudio de todos estos pasos, debemos establecer el rango de metros que necesitaremos identificando los rangos de los caudales que vamos a medir, determinando la exactitud que requeriremos, teniendo unas condiciones de exactitud para los caudales máximo, normal y mínimo. El rendimiento de este medidor de caudal deberá ser aceptable en el rango.

(Omega, 2003)

5.9. ACTUADORES

Los actuadores actúan como reguladores de la potencia de la planta. Existe una gran cantidad de actuadores como pueden ser actuadores de movimiento (motores, cilindros), los actuadores térmicos (hornos, intercambiadores). Por lo que podemos

hacer una clasificación de los actuadores según el tipo de energía que emplean en el accionamiento.

- **Accionamientos eléctricos:** Este tipo de accionamiento tiene la capacidad de convertir la energía eléctrica en mecánica, de una manera que será útil y controlará los parámetros implicados, como son la velocidad, la posición o el par, siendo controlada siempre al menos una de estas tres variables. El control de las variables de salida se puede considerar un sistema de regulación, ya sea de lazo abierto o de lazo cerrado.

El sistema mecánico se utiliza para obtener el trabajo productivo en las condiciones de control, teniendo unas características concretas que nos ayudarán a determinar el tipo de motor que necesitan las máquinas y el accionamiento a utilizar. Mediante el siguiente sistema de bloques podemos ver como serían las conexiones.

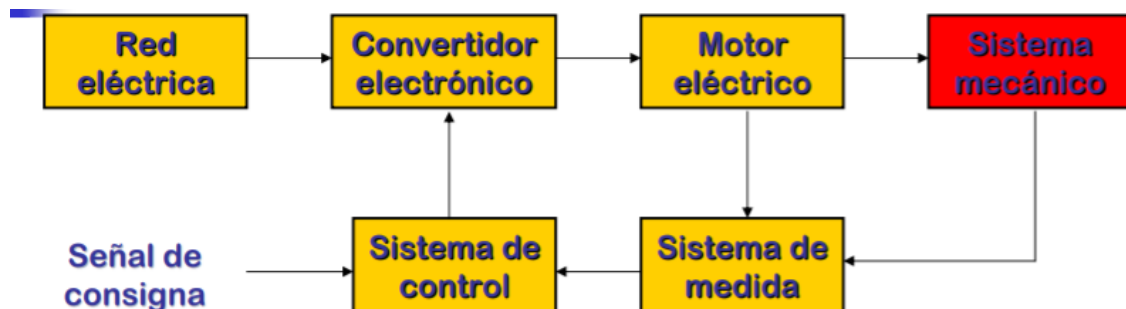


Ilustración 21: Sistema de bloques de las conexiones

El par resistente tendrá la característica de tener una componente fija, una componente lineal y una componente variable, la cual normalmente será cuadrática, obteniendo diferentes características de par.

La característica par-velocidad determina la característica intensidad-velocidad en el motor, obteniendo el estudio de las características del par resistente y los requerimientos condicionarán la solución a adoptar en el diseño del accionamiento.

Este sistema de control trabaja de forma aislada al sistema de potencia, con tensiones e intensidades muy bajas, estando basado en microprocesadores.

El sistema de realimentación se compone tanto de elementos externos acoplados mecánicamente al accionamiento (como puede ser un encoder), trabajando como sensores internos de tensión, intensidad o potencia. Esto proporcionará al sistema de control la realimentación de señal que sea necesaria para regular la variable de salida del control. (OCW Unican)

Permiten que se realice la conexión o la desconexión de un circuito eléctrico de potencia cuando se produzca la excitación de una bobina de mando.

- Accionamientos hidráulicos y neumáticos: Estos accionamientos se aplican de forma masiva en los automatismos industriales debido a lo robustos que son y lo fáciles que son de controlar. Entre sus diferentes funciones las que más destacan son: establecer o cortar la conexión hidráulica o neumática entre dos o más conductos o vías, también se encargan de regular la presión o caudal de circuitos hidráulicos.

Aunque ambos tipos son prácticamente iguales, los accionamientos neumáticos tienen un mayor rango de compresión, existiendo una serie de diferencias en cuanto al uso y estructura.

Estos actuadores se clasifican en lineales y giratorios.

Los actuadores neumáticos lineales consisten en un cilindro que está cerrado con un pistón en su interior que se desliza y transmite su movimiento al exterior a través de un vástago. Este cilindro está compuesto por las partes trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, del propio pistón, de las juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador, que se encarga de limpiar el vástago de la suciedad que se ocasiona.

Los dos tipos fundamentales son los cilindros de simple efecto y los cilindros de doble efecto.

Los cilindros de simple efecto desarrollarán el trabajo en un solo sentido, haciendo que el émbolo retorne mediante un resorte interno o mediante algún otro medio externo como pueden ser cargas, movimientos mecánicos... Estos cilindros tendrán un consumo de aire más bajo que un cilindro de doble efecto del mismo tamaño, aunque habrá una reducción de impulso debido a que el resorte produce una fuerza contraria, siendo necesario que el diámetro interno fuera de un mayor tamaño para conseguir una fuerza igual.

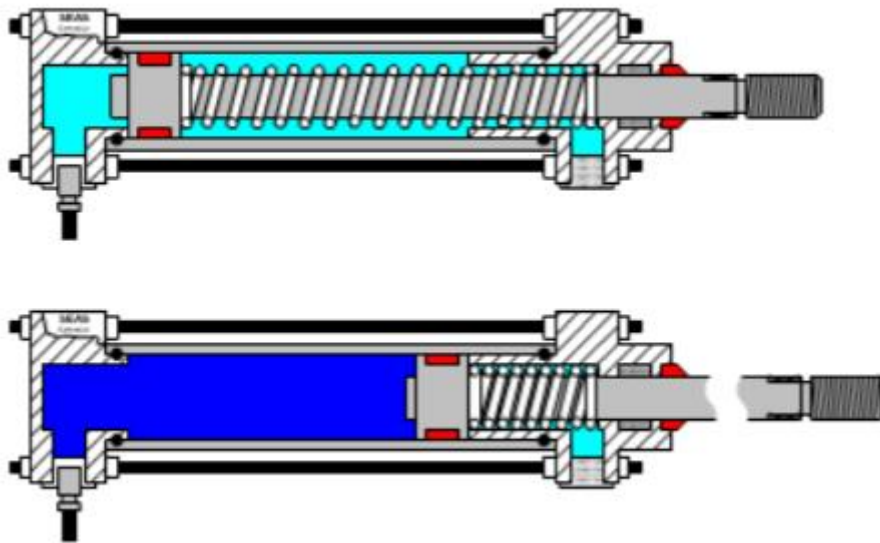


Ilustración 22: Cilindro de simple efecto

Los cilindros de doble efecto son los cilindros que realizan tanto su carrera de avance como la carrera de retroceso mediante la acción del aire comprimido. Esto se debe a que se emplean las dos caras del embolo, realizando trabajo en ambos sentidos. Los componentes internos son prácticamente iguales que los de simple efecto, pero con algunas variaciones en su construcción, como puede ser la de la culata anterior, que tiene un orificio roscado para realizar la inyección de aire comprimido.

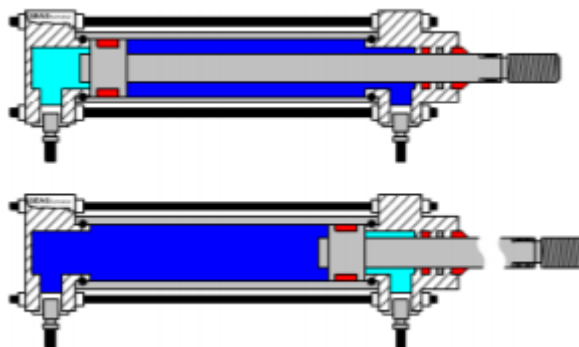


Ilustración 23: Cilindro de doble efecto

Para que se realice un determinado movimiento en un cilindro doble, ya sea de avance o de retroceso, debe de existir una diferencia de presión entre las cámaras. Normalmente, en el momento que una cámara reciba aire a presión, la otra estará comunicada con la atmósfera. El proceso de conmutación del aire entre cámaras se realiza de forma automática mediante la válvula de control asociada.

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático, por lo tanto:

- Se puede hacer trabajos en dos sentidos (debido a las carreras de avance y de retroceso)
- Al no tener un muelle como en los cilindros de simple efecto, no hay oposición a la fuerza por lo que no se pierde fuerza al realizar el accionamiento.
- Debido a que no existe volumen de alojamiento, la carrera del cilindro de doble efecto es mayor que la de simple efecto.

Otros tipos de cilindros son el cilindro neumático de fuelle, el cilindro neumático de impacto, el cilindro neumático sin vástago, el cilindro neumático guiado...

Los actuadores giratorios son los actuadores que transforman la energía neumática en energía mecánica de rotación. Se formarán dos grandes grupos a analizar, depende de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, que serán actuadores de giro limitado o motores neumáticos.

Los actuadores de giro limitado son los que tienen un movimiento de giro pero que no llegan a producir una revolución, existiendo disposiciones de simple y doble efecto para ángulos de giro.

Uno de los actuadores de giro más representativos son los actuadores de giro de tipo paleta que forman los actuadores de giro limpio, realizando movimientos de giro que rara vez supera los 270°, incorporando unos topes mecánicos que permiten la regulación del giro. Estos actuadores se componen de una carcasa, que tiene en el interior una paleta delimitando las dos cámaras. Además de un eje que atraviesa la carcasa exterior, siendo el eje donde trabajamos, formando el movimiento angular limitado. En la siguiente figura, podemos apreciar que el funcionamiento es parecido al de los actuadores lineales de doble efecto. En el momento que se introduce aire comprimido en una de las cámaras, la paleta gira sobre el eje cuando exista diferencia de presión respecto a la otra cámara, que normalmente estará comunicada con la atmósfera. Este tipo de actuadores tienen grandes características, como una buena amortiguación al final del recorrido, la posibilidad de detectar magnéticamente la posición en la que se encuentra...

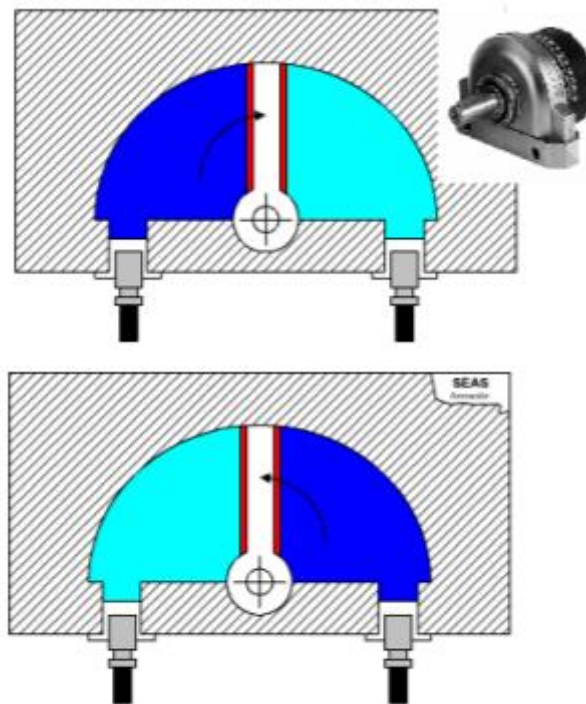


Ilustración 24: Actuador de giro

Los cilindros cuyo funcionamiento es de actuadores giratorios de giro limitado es el cilindro giratorio de pistón-cremallera-piñón con un movimiento lineal que a partir del pistón se transforma en movimiento giratorio mediante un conjunto de piñón y cremallera y el cilindro de aletas giratorias de doble efecto para ángulos que se encuentren entre 0° y 270° .

(Cursos Aiu)

- Accionamientos térmicos: El movimiento se realiza utilizando la energía que se produce en el proceso de explosión. Un tipo de accionamiento térmico será el relé térmico.

5.9.1. Relé

El relé consiste en un componente eléctrico cuya maniobra se utiliza en automatismos y para mandos indirectos como barrera de seguridad. Estos dispositivos digitales compactos que se conectan a partir de sistemas de potencia con la finalidad de detectar condiciones intolerables dentro de un área asignada.

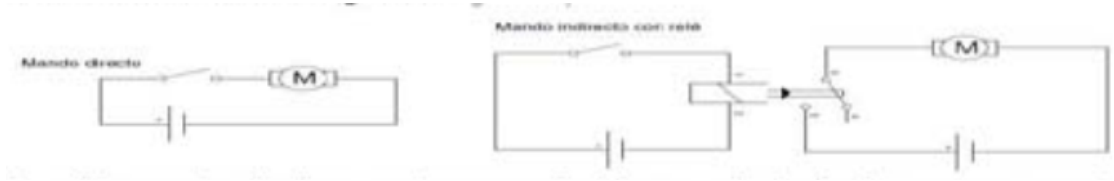


Ilustración 25: Mandos directo e indirecto con relé

Un relé consta de dos partes, que son una bobina o electroimán y unos contactos auxiliares, ambas partes se relacionan por interacción magnética. De forma habitual, la bobina se conecta a un circuito y los circuitos auxiliares formarán parte de otro circuito de excitación.

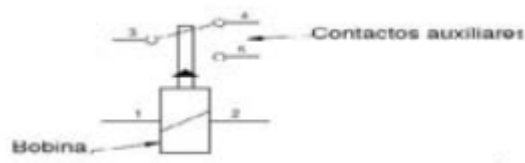


Ilustración 26: Partes de un relé

La función principal que tiene un relé consiste en una rápida remoción en el momento que se produzca un cortocircuito en algún elemento del sistema, da la orden de que se desconecte el circuito al presentar una operación anormal, las protecciones del sistema trabajan unidos con interruptores, que se desconectan cuando reciben una orden del relé.

(Rivera)

El relé tiene 2 contactos, uno abierto (NC) y otro cerrado (NO).

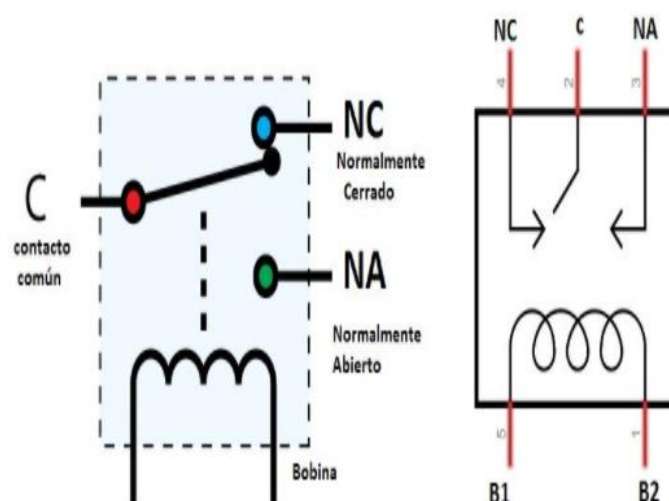


Ilustración 27: Contactos del relé

Cuando la bobina recibe corriente, crea un campo magnético creando un electroimán, que atraerá los contactos, haciendo que pase de normalmente cerrado a normalmente abierto.

El contacto que se encuentra abierto se cierra y el contacto que se encuentra cerrado se abrirá.

El circuito de control es el que activa la bobina, mientras que el circuito que activa los elementos de salida a través de los contactos es el circuito de fuerza, pudiendo tener los contactos de salida que se quieran.

Los relés eléctricos son interruptores que trabajan eléctricamente. También pueden ser relés de potencia, siendo más grandes y siendo utilizados para una mayor tensión o aplicaciones de conmutación de alta corriente.

En la siguiente figura podemos ver cómo es un relé real, así como un circuito que es controlado mediante un relé y el símbolo del relé.

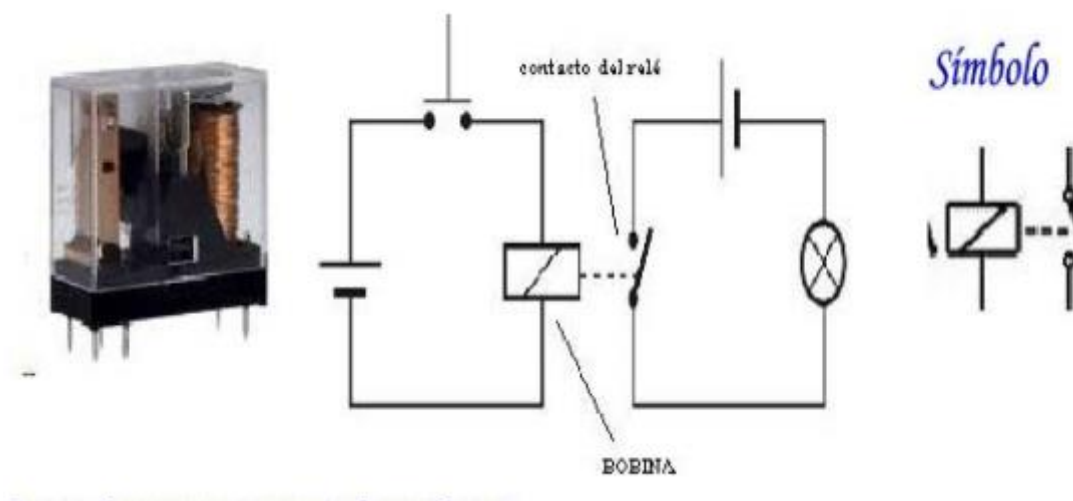


Ilustración 28: Circuito controlado por relé y símbolo

El circuito, la parte izquierda, se activa la bobina mediante el interruptor o pulsador. En el momento que llega corriente a la bobina, el contacto que estaba abierto en la parte derecha de la bobina del relé se cerrará, haciendo que la bombilla se encienda.

En cuanto cortamos la corriente de la bobina, el contacto se coloca en su posición de reposo, apagándose la lámpara.

Por lo tanto, podemos apreciar que este circuito tiene dos circuitos diferenciados, siendo un circuito el de una bobina que cuando se activa modifica el estado de los contactos y otro circuito que abrirá o cerrará los contactos, dependiendo de cómo se

encuentre la bobina. Una pequeña corriente activará la bobina, controlando un circuito de alto voltaje o de tensión.

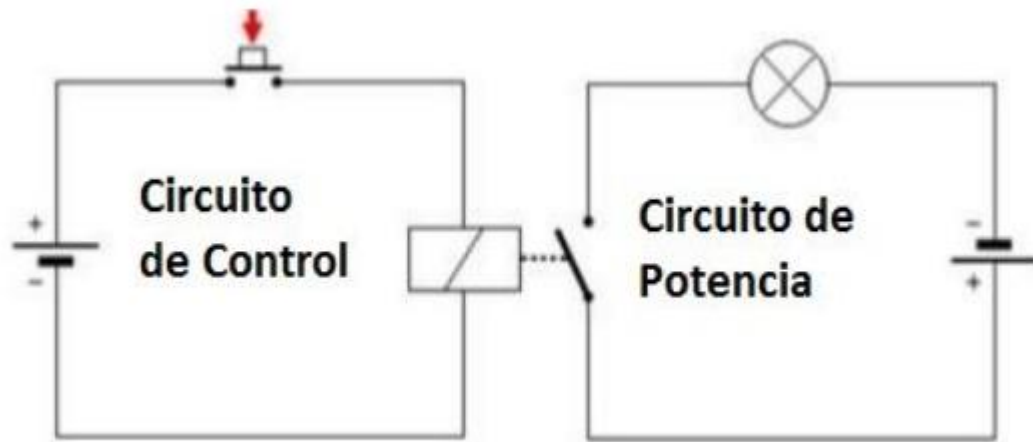


Ilustración 29: Circuito de control y circuito de potencia

(Area tecnología)

6. DESARROLLO

6.1. AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

A continuación, vamos a profundizar en los componentes necesarios para la automatización de una planta de embotellado.

Mediante las investigaciones de la revista de Sandra B. Vallejo en la Universidad Nacional de Colombia, podemos apreciar la descripción que realizan algunos de los diferentes componentes que se necesitan en el diseño de un sistema automatizado.

- Fuentes de energía: Sirven para realizar la ejecución del proceso y los controles, siendo la electricidad la principal fuente.
- Infraestructura de equipos: Consiste en las diferentes máquinas y operaciones que se realizan para transformar los materiales en el producto que queremos obtener.
- Programa de instrucciones: Mediante un diagrama de flujo del proceso, se definen las acciones que van a desarrollar los diferentes componentes del sistema de producción de la planta.
- Arquitectura del sistema de control: Está definida por el requerimiento de sensores, de instrumentación, de controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de supervisión que se necesitan durante la ejecución del proceso.
- Sistemas de control: Se encargan de ejecutar el programa de instrucciones del sistema automático, permitiendo la realización del proceso.

(Vallejo & Vallejo, 2006)

6.2. CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA

En este punto del proyecto, debemos de empezar a pensar en cuáles serán los materiales idóneos y necesarios para realizar la construcción y la automatización de la planta de embotellado, además del código de programación que se necesita para realizar la automatización de la planta.

Deberemos de tener en cuenta los diferentes materiales y productos que se han utilizado, haciendo un proceso de selección en el que se elijan los productos más óptimos para nuestra planta.

Para la construcción de la planta, deberemos de tener en cuenta el espacio del que disponemos para su montaje, manteniendo la zona de embotellado entre unos 20-25°C. Deberemos de mantener un espacio extra al de la instalación para permitir una zona de maniobra con la puesta en marcha del proceso y el almacenamiento de los materiales.

Por lo tanto, los elementos que necesitamos para la construcción y el montaje de esta planta de embotellada serán las que mostraremos a continuación.

6.2.1. Materiales

En este apartado vamos a realizar una lista de los diferentes materiales que vamos a necesitar en la construcción, detallando una justificación del por qué lo necesitamos.

La siguiente tabla resume los diferentes materiales a utilizar, explicando el elemento, la cantidad de elementos que necesitamos y el producto que se va a comprar.

ELEMENTO	CANTIDAD	PRODUCTO
Tanque 60 l	1	Tanque 60 litros PLASTICEL
Estantería modular	2	Estantería C-Max 200 RACTEM
Tubo 12x1mm	2	Tubo de silicona. Materiales World.
Resistencia	1	Calentador por inmersión. Eliko
Racores	1	Racores de compresor de aire. Ferretería.
Sensor de temperatura	1	Sensor DS18B20. Bricogeek.
Sensor de pH	1	Sensor de pH analógico. Vistrónica

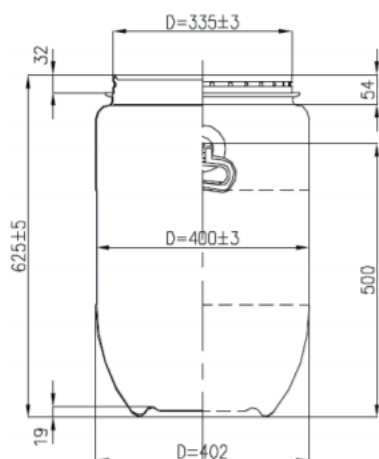
Desarrollo

Electroválvula	1	Electroválvula motorizada. Dynamo Electronics.
Caudalímetro	1	Sensor de caudal de agua YF-S201. Naylamp Mechatronics
Relé	1	Relé con montura Keyes. KY-019
Bomba peristáltica	1	Bomba peristáltica. Grothen
Recipiente	1	Caja rectangular. CURVER.
Llave de paso	1	Llave de paso 2121210DF15. BOUTT.
Líquido refrigerante	1	Refrigerante. MOTORKIT
Aislante	1	Espuma de poliuretano en aerosol. BRIKUM
Autómata	1	SIMATIC S7-300, CPU 314 con MPI. Siemens
Transformador	1	Fuente de alimentación 12V/3 A. Greenice.

*Tabla 1: Productos y cantidades***6.2.1.1. Tanque de 60 litros**

El tanque elegido es un tanque de la empresa PLASTICEL, cuya utilidad para la que está destinada el tanque es para sustancias líquidas que se destinen a la industria alimentaria, siendo nuestro caso, el embotellado. Este tanque tiene diferentes accesorios, como una tapa con empaque o un aro fleje metálico. Además, con un almacenamiento y uso adecuados, tendrán una vida útil de 5 años.

El esquema de las dimensiones del tanque y las condiciones técnicas son las siguientes:



CAPACIDAD NOMINAL (agua a 25°C)	60 LITROS	
PESO RECIPIENTE COMPLETO	3,700 kg	± 0,030 kg
ALTURA	617,5 mm	± 7,5 mm
DIÁMETRO CENTRAL	400,0 mm	± 3,0 mm
ESPESOR MINIMO PARED (CUERPO)	2,5 mm	± 3,0 mm
ACCESORIOS	1- TAPA CON EMPAQUE Y ARO METALICO, 2 DISCOS 2 - PASADORES, 2 - ASAS	
MATERIAL	PEAD APM	
COLOR	SEGÚN ESPECIFICACION DEL CLIENTE	
METODO DE PRODUCCIÓN	SOPLADO	

Ilustración 30: Dimensiones y condiciones técnicas del tanque

(especiales, s.f.)

6.2.1.2. Estantería modular

Este elemento lo compraremos con la finalidad de almacenar los diferentes elementos. Elegimos la estantería C-Max 200 de ractem debido a que tiene un sencillo montaje y nos da la opción de elegir la altura, el ancho y el fondo, así como los niveles de baldas que queremos.

En nuestro caso, las estanterías que compremos serán de una altura de 2200 mm, un ancho de 1000mm y un fondo de 500mm. Además, de poner 5 niveles, teniendo un aguante de 200 kg por carga.



Ilustración 31: Estantería

La estantería está compuesta por 2 travesaños de refuerzo por cada balda.

Los puntales de la estructura de la estantería y los largueros de ancho y fondo están fabricados en acero y tienen un acabado galvanizado o con pintura epoxi que tiene una gran resistencia, incluyéndose protectores de plástico para el pie de la estructura.

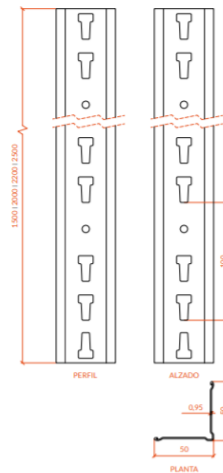


Ilustración 32: Puntales de la estructura de la estantería

Los largueros de ancho y fondo serán los siguientes:

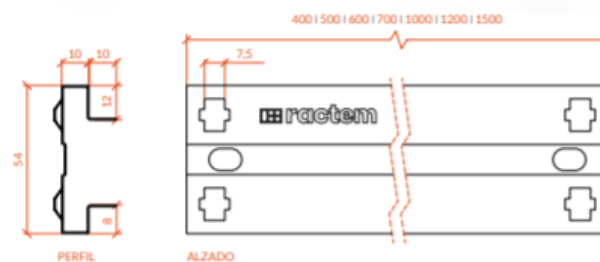


Ilustración 33: Largueros de ancho y fondo de la estantería

La ficha técnica de la estantería modular es la siguiente:

https://www.ractem.es/sites/default/files/cmax_200_fichatecnica_0.pdf

(200, s.f.)

6.2.1.3. Tubos de silicona

Estos tubos son los encargados de la conducción del agua entre el tanque y el llenado de las botellas. Será de 12x1 mm y serán de la página de Materials World. El material que se utiliza es una silicona alimentaria debido a que es biocompatible y no es tóxico. También es el material elegido debido a su resistencia a altas temperaturas, pudiendo alcanzar hasta los 250°C antes de que se degrade, siendo una temperatura lo suficientemente elevada como para resistir de forma sobrada a nuestro proceso.



Ilustración 34: Tubos de silicona

Además, es resistente al desgarró, al estiramiento y a la tracción, teniendo una importante resistencia dieléctrica.

(World, s.f.)

6.2.1.4. Resistencia

Para que el funcionamiento del proceso sea el óptimo, la resistencia eléctrica será un material muy importante. Esta resistencia nos indicará la cantidad de calor que se podrá suministrar, o lo que es lo mismo, la potencia. Será importante que tenga potencia suficiente para poder realizar calentamientos de grandes masas de agua, en caso de que esto sea necesario, en un tiempo definido, pudiendo llegar a calentar hasta 60 litros.

Elegimos un calentador por inmersión con alimentación de 230 V y una potencia de 2000W. La marca del calentador será Eliko.



Ilustración 35: Resistencia

El diámetro del elemento calefactor es de 58 mm con una longitud del elemento calefactor junto con el mango de 310 mm.

Analizamos si la potencia de la resistencia es suficiente como para realizar el calentamiento del proceso cuando sea necesario. Para ello, debemos de estudiar la

situación más desfavorable que se pudiera producir, debido a que sería la situación en la que se necesitaría más potencia. Esta situación sería cuando la temperatura de la planta fuera baja, teniendo que pasar el agua del tanque de 5°C a 25°C para que el proceso sea el óptimo.

Se calculará por lo tanto el tiempo en el que, mediante el calentador, se llevará la temperatura del agua de 5 a 25°C, siendo el recipiente de 60 litros de agua ($\rho=1\text{kg/l}$, $C_p=4180\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$).

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \textbf{(6.1)}$$

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta T = 1 \cdot 60 \cdot 4180 \cdot (25 - 5) = 5016000\text{ J} \quad \textbf{(6.2)}$$

$$q = 2000 = \frac{5016000}{\Delta T} \rightarrow \Delta T = 2508\text{ s} = 41.8\text{ min} \quad \textbf{(6.3)}$$

Este tiempo es un tiempo aceptable debido a la gran cantidad de agua que debemos de calentar. Además, debemos de tener en cuenta que no hemos tenido en cuenta las posibles pérdidas de calor que se produzcan por las paredes, tomándose como temperatura ambiente la menor posible, haciendo que se necesite una potencia mucho mayor de la necesaria en la situación normal.

Mediante estos cálculos, podemos afirmar que la potencia suministrada es suficiente para lo que lo necesitamos.

(Eliko, s.f.)

6.2.1.5. Racores

Este elemento sirve como unión entre los tanques y los tubos. Para ello, se utilizarán Racores de tipo espiga. El racor elegido tendrá que ser compatible con el tubo de silicona elegido, teniendo un diámetro interior de 14 mm y una presión de funcionamiento de 60 bares. En este caso, lo compramos en la empresa compresores de aire, pero podríamos comprarlo en cualquier ferretería.



Ilustración 36: Racor

(aire, 2017)

6.2.1.6. Sensores de temperatura

Este sensor lo colocaremos en el tanque con la finalidad de monitorizar su temperatura, variando la aportación de calor en el caso de que el agua se encuentre demasiado fría. Lo que interesa de este sensor su conexión al proceso, con una rosca inferior M18 x 1.5 para adaptador y que pueda sumergirse en líquidos, por lo tanto, buscamos diferentes sensores de temperatura que cumplan estas características. Elegimos un sensor de temperatura de fluido TN 2511 de la tienda automation 24. Este sensor permite medir un rango de temperaturas de -50°C hasta 150°C, lo cual medirá nuestra temperatura de forma sobrada. La conexión es DC y puede ser tanto PNP como NPN. El datasheet será el siguiente:

<https://media.automation24.com/datasheet/es/TN2511.pdf>



Ilustración 37: Sensor de temperatura

(24, Automation 24, s.f.)

6.2.1.7. Sensor de pH

Esta sonda controlará el nivel de pH que sea compatible con equipos de dosificación y control de la marca Idegis.

Se ha elegido esta sonda de pH de la tienda virtual poolaria. Este sensor tiene una conexión BNC con un cable de 3 metros. Funciona con temperaturas de entre 0 y 80 grados, por lo que tendrá un funcionamiento óptimo debido a que en nuestra planta no se estiman grados menores de 0°C ni mayores de 30°C. Además, tiene un rango de medida del pH de 0-14 pH, siendo también óptimo debido a que el agua mineral natural tiene un pH de entre 6 y 8.

*Ilustración 38: Sonda de pH*

(Poolaria, s.f.)

6.2.1.8. Electroválvula

Para controlar la salida del líquido del tanque, se utilizará una válvula que pueda ser automatizada de forma eléctrica.

La válvula seleccionada es una válvula de la tienda Dynamo Electronics, la cual está motorizada y permite realizar el control del flujo que pasa a través de ella, manteniéndose sin consumir energía en el momento que llega a una posición. La diferencia entre esta electroválvula y una electroválvula senoidal es que se puede mantener diferentes proporciones de apertura o cierre.

Está fabricada con acero inoxidable SS304 y tiene una presión máxima de 1.0 MPa. Al ser una válvula normalmente cerrada se le deberá suministrar corriente, suministrándole un voltaje de 24 V en DC.

*Ilustración 39: Electroválvula*

(electronics, 2006)

6.2.1.9. Caudalímetro

Para controlar la cantidad de agua que fluye a través del tubo que sale del tanque es imprescindible, por lo que necesitamos colocar un caudalímetro. Elegimos el caudalímetro de Automation 24. Se colocará en la tubería que transporta el fluido, teniendo un rango de medida de entre 2 y 40 litros por minuto.

Este caudalímetro proporciona una alta precisión debido al sistema de medición de flujo que es independiente de las fluctuaciones por presión y temperatura del medio.



Ilustración 40: Caudalímetro

(24, Automation 24, s.f.)

6.2.1.10. Relé

Un relé será necesario para automatizar los diferentes elementos que van a ser controlados mediante la automatización. Para ello, debemos de encontrar un relé que pueda ser controlado por el autómatas.

Elegimos un relé programable Genie-NX, el cuál nos proporcionará un excelente rendimiento y una funcionalidad que realizará operaciones lógicas. Tiene un módulo con 8 entradas digitales y 4 salidas de relé, pudiendo añadir módulos en caso de que sean necesarios.



Ilustración 41: Relé

(Adajusa, 2019)

6.2.1.11. Bomba peristáltica

A la hora de controlar el pH del agua en el tanque, se necesita que sea lo suficientemente preciso como para poder dejar de suministrar un caudal cuando el pH del tanque sea el esperado. Por lo tanto, elegimos una bomba peristáltica para tener una gran precisión. Eligiendo una bomba peristáltica de la marca Grothen vendida en Amazon. Es una bomba de baja presión que se alimenta con 12V.



Ilustración 42: Bomba peristáltica

(Aibecy, s.f.)

6.2.1.12. Recipiente

Utilizaremos un recipiente como si fuera un depósito para hacer que el líquido refrigerante que recorre el serpentín lo enfriemos. Esta caja rectangular de plástico pudiendo realizar unos agujeros para poner los tubos metálicos, que serán los encargados de realizar el intercambio de calor. La caja que mejor se adapta a nuestras necesidades es un recipiente de CURVER con unas medidas de 30 x 20 x 9 cm.



Ilustración 43: Recipiente

(Curver, s.f.)

6.2.1.13. Llave de paso

La llave de paso la necesitaremos para el control de la salida del líquido. Para ello, necesitaremos que esta llave se pueda unir con el tubo de silicona de salida del tanque, teniendo que buscar una rosca que coincida con la elección de los racores. La llave de paso más adecuada es una llave de paso de la marca Boutt cuya referencia es 2121210 DF15. Es una llave que tiene los extremos roscados en configuración hembra, permitiendo que vayan roscados de un racor a cada extremo, teniendo una rosca métrica M15mm y otra rosca de M21mm. La rosca M15mm se roscará con el racor.



Ilustración 44: Llave de paso

(Outils, s.f.)

6.2.1.14. Líquido refrigerante

El líquido refrigerante lo utilizaremos en el intercambiador de calor. Para ello, deberemos de utilizar un fluido que tenga una temperatura de solidificación menor que la de los líquidos. Elegimos un líquido anticongelante de la marca motorkit. Este

líquido refrigerante está compuesto, entre otros componentes, por más de un 30% de Etilenglicol, siendo un refrigerante rosa orgánico del 50%. Tiene una temperatura de congelación de -34°C .



Ilustración 45: Líquido refrigerante

(Motorkit, s.f.)

6.2.1.15. Aislante

Para aislar el sistema refrigerante, utilizaremos una espuma de poliuretano en aerosol. Elegimos un bote de la marca brikum. Algunas de sus características son que tiene una buena aplicación incluso a bajas temperaturas, aísla perfectamente del frío y del calor y resiste al envejecimiento.



Ilustración 46: Aislante

(Brikum, s.f.)

6.2.1.16. SIMATIC S7-300, CPU 314 con MPI

Este tipo de CPU compacta de SIMATIC S7 tiene una interfaz de PROFINET con un switch de dos puertos integrados y una interfaz MPI/DP. Nos permitirá tener una elevada velocidad de procesamiento en instrucciones binarias y de aritmética en coma flotante. Además, su memoria de trabajo será óptima para nuestro desarrollo, siendo 192 kB de trabajo de los cuales 64 kB son remanentes.



Ilustración 47: SIMATIC S7-300, CPU 314 con MPI

(SIEMENS, s.f.)

6.2.1.17. Transformadores

Los transformadores se utilizan a la hora de realizar el conexionado eléctrico de los elementos que debemos de automatizar.

El transformador que elegimos será un transformador de mando y separación Murreletronik MST Multispannungsbereich – 86153 de la marca automation 24, teniendo un transformador multivoltaje de mando y un rendimiento de 2.000 VA. Su voltaje de salida es de 1 x 230 V AC. Este transformador es muy versátil, siendo muy utilizado en campos industriales.



Ilustración 48: Transformador de mando y separación

(24, Automation 24, 2020)

6.3. INICIAR EL WINCC FLEXIBLE

Para comenzar a realizar el proyecto, debemos de saber cómo iniciar el programa. Para ello, lo que debemos de hacer es crear un nuevo proyecto, asignándole un nombre y aceptándolo. En nuestro caso, al proyecto le daremos el nombre de "TFG".

Una vez iniciado el programa, comenzamos a insertar los primeros objetos, insertando el "Programa S7".

Una vez insertado el "Programa S7", debemos de insertar el hardware SIMATIC 300, que se inserta abriendo el hardware, poniendo el bastidor, la fuente de alimentación (PS 307 5A 1EA00-0AA0) y el CPU 314 IFM.

Una vez tenemos el hardware, debemos de añadir los diferentes símbolos que necesitemos, con una dirección de memoria y el tipo de dato que le corresponda.

Además, para realizar el HMI-SCADA utilizaremos el panel de operador el MP 277 10" TOUCH.

El configurador de redes debe configurarse con la estación HMI y con nuestro PLC. Ambos deben estar conectados al protocolo serie de la interface multipunto, conectando el HMI en la dirección 1 y el PLC en la dirección 2.

Las diferentes variables que hayamos introducido en los símbolos también deberán estar introducidas en las variables.

6.4. PARTICULARIDADES DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA DE EMBOTELLADO

El proceso de diseño de la planta se ha usado como referencia las investigaciones que ha realizado la empresa rondodge (rondo, 2021), añadiendo una serie de cambios. El esquema del diseño se compone de 3 bloques diferentes:

- Elementos de almacenamiento y transporte
 - Cintas transportadoras
 - Tolvas
- Elementos de control:
 - PLCs
 - Controladores
 - Pantallas táctiles
- Elementos de manipulación
 - Robots manipuladores

6.4.1. *Elementos de almacenamiento y transporte*

En este apartado estudiaremos los diferentes sistemas de almacenamiento y transporte., tomando como referencia diferentes aplicaciones prácticas.

6.4.1.1. *Cintas transportadoras*

Vamos a analizar la funcionalidad de las cintas transportadoras y el tipo de cinta que vamos a elegir para nuestra planta, profundizando en ella.

Las cintas transportadoras lo que hacen es desplazar materiales, en nuestro caso las botellas, en grandes cantidades con una ruta fija. Las características de una cinta transportadora son las siguientes:

- Se impulsan de forma mecánica o por gravedad.
- Normalmente son mecanizadas y de vez en cuando automatizadas.

- Son fijas, teniendo unas rutas preestablecidas.
- Se pueden montar en el suelo o suspendidas sobre el techo. En nuestro caso, estarán en el suelo
- De forma general, estarán limitados a un flujo unidireccional de materiales.
- De forma habitual, mueven cargas discretas, como será en nuestro caso en el movimiento de botellas, aunque puede estar preparada para tener cargas más voluminosas.
- Pueden utilizarse únicamente para transportar cargas, pero también pueden utilizarse para transportar y almacenar automáticamente las cargas.
- Pueden ser acumulativas o no acumulativas.

Estas características ayudan que entre los diferentes grupos de cintas transportadoras, hagamos una selección de la cinta transportadora que más nos sirve, siendo la Belt Conveyor el tipo de cinta transportadora que más nos cuadra para nuestro proceso, es decir, unas cintas planas.

- Este tipo de cintas se divide en dos subgrupos:
 - Cintas planas, que sirven para pallets, piezas y ciertos materiales en masa.
 - Cintas huecas, que sirven para materiales en masa,
- La cinta forma un lazo continuo de forma que:
 - Reparte el material
 - Retorna, generalmente vacío.
- Los extremos de la cinta llevan incorporados los rodillos motores, siendo encargados de realizar el impulso.
- La cinta es soportada con rodillos espaciados entre sí.



Ilustración 49: Cinta transportadora

(Gomez-Estern, 2004-2005)

Se plantea un control de las cintas transportadoras, mediante ellas desplazan piezas hacia una estación de montaje, que en nuestro caso será el desplazamiento de la botella hacia el llenado. Las características que aquí se plantean son las siguientes:

- La mesa de trabajo se encuentra de forma paralela a la cinta transportadora, controlando el control de la mesa de trabajo mediante un servomotor con un sensor óptico.
- En el momento que se detecta un producto, la mesa de trabajo se ajusta mediante el servomotor, equilibrando la velocidad con respecto a la cinta transportadora.
- En el momento que se ha sincronizado, comienzan las actividades de embotellado, volviendo a una posición de reposo en el momento que se finalice el embotellado.

(Tsai, 1996)

6.4.1.2. Tolva

En este apartado realizamos un breve estudio de los principios teóricos que sirven como base para realizar el diseño de las tolvas. La empresa rondodge (rondo, 2021) realizó una tolva para grandes cantidades de pizza. En nuestro caso, será para botellas, por lo que no necesitaremos una tolva muy grande, con 1 o 2 kilogramos nos será suficiente.

Como conclusión, debemos de saber dos cosas importantes:

- La primera conclusión es relacionada con las teorías de Tsai, en cuyas investigaciones podemos apreciar que existe la posibilidad de que se pueda incluir un servomotor, con la finalidad de controlar las cintas transportadoras.
- La segunda conclusión es acerca de cómo se deben de colocar los sensores de posición, siendo colocados de manera que determinen la posición en la que se encuentra la botella, pudiendo ser monitorizado mediante pantallas táctiles.

6.4.1.3. Distribución de la planta

Nuestra nave industrial estará destinada al embotellado de agua mineral.

La planta se puede dividir en tres secciones para tener una mejor comprensión de su funcionamiento. Una primera parte es ocupada por las oficinas de la nave, teniendo una superficie de 10.25 x 7.25 m y dos plantas destinadas a ello. Además, los vestuarios se encuentran adjuntos a dichas oficinas.

Junto a las oficinas se encuentra un portón que permite la entrada de camiones para dejar o recoger la mercancía sin invadir la vía pública.

En la zona central se encuentra la zona de almacenamiento de materia prima y producto terminado. No es necesario tener ninguna zona de producto semiterminado, debido a que en esta planta no realizamos la fabricación de las botellas, por lo tanto el llenado de la botella es un proceso que se realiza en poco tiempo.

Finalmente, en la parte opuesta a las oficinas se encuentran las cintas por donde pasan las botellas, donde se realiza el llenado.

Las diferentes zonas de la nave que vamos a distinguir son las siguientes:

- Zona de oficinas: Esta es la zona de trabajo de los diferentes trabajadores de oficina técnica, gerentes, comerciales...
- Zona de vestuarios: Esta es la zona de baños, duchas y taquillas para los empleados de la planta industrial.
- Zona de llenado: Esta es la zona que se encuentra en la parte opuesta a la zona de las oficinas, en la que se realiza toda la actividad productiva.
- Zona de carga/descarga: Esta es la zona en la que se introduce la parte trasera del camión, mediante la cual se realiza la entrega de materia prima y la salida de producto terminado.
- Zona de almacenaje: Esta es la zona en la que se encuentran diferentes estanterías para realizar el almacenamiento de la materia prima y el producto terminado, es decir, ya realizado el embotellado.
- Zona de control de calidad: Esta es la zona en la que se realiza un control de calidad para verificar el correcto embotellado. Las botellas que se han embotellado de forma irregular y son defectuosas serán apartadas.
- Zona de mantenimiento: Esta es la zona en la que hay diferentes herramientas para realizar las posibles tareas de mantenimiento que haya que realizar en la planta.

El esquema de la planta lo podemos ver en el Anexo, en el apartado "Layout planta embotellado".

6.4.2. Elementos de control

En este apartado hablaremos más sobre los elementos que necesitamos para realizar la comunicación entre los diferentes elementos del sistema, profundizando en los aspectos más importantes. Como ya sabemos, el elemento de comunicación más

importante son los PLCs, que su función es transmitir las diferentes órdenes a los diferentes equipos. Podemos ver los diferentes aspectos de nuestra planta mediante pantallas, siendo controladas mediante un HMI-SCADA.

A través de los monitores obtenemos las diferentes variables del sistema. El proceso de visualización tiene una serie de características:

- Para adquirir y almacenar los datos, con la finalidad de recoger, procesar y almacenar la información que se recibe de forma continua y confiable, el sistema de monitorización debe estar lo más cerca posible del lugar en el que se recoge la información.
- Se representa gráficamente y de forma animada las variables del proceso y su monitorización a través de alarmas.
- Ejecución de acciones de control para controlar cómo evoluciona el proceso, actuando mediante reguladores autónomos básicos o con salidas conectadas.
- Almacenamiento de los cambios detectados en la planta con la finalidad de que no se obtenga información innecesaria.

(Pérez López, 2015)

6.4.2.1. *Pantallas táctiles*

En este apartado explicaremos los principios básicos del funcionamiento de las pantallas táctiles. Mediante las pantallas táctiles, el trabajador tendrá una información en tiempo real de cual es el estado de las líneas de producción del sistema.

A continuación, realizamos un repaso de la evolución de las pantallas táctiles:

• Las máquinas y los sistemas de control en los procesos industriales se han desarrollado con la finalidad de que se repitan las tareas mecánicas, de forma que se realizan las tareas que se han puesto mediante la programación, produciendo un aumento en la productividad del sistema. Para conseguir esta productividad, diseñamos un sistema de control flexible y fácil de manejar para el trabajador. La combinación entre los sistemas de control y la visualización, recibiendo el nombre de HMI y teniendo las siguientes funciones:

- Supervisa los lazos de control del sistema
- Realiza diferentes tareas de carga del sistema y supervisa los programas de punto de consigna.
- Transfiere la información recogida entre los diferentes dispositivos.

- Inicia diferentes acciones.

Hasta hace no muchos años, se consideraba que las interfaces de operador eran dispositivos que permitían la actuación en la máquina de forma pasiva. Esto se debe a que los HMI no eran capaces de realizar decisiones en el proceso que controlaban, limitándose su función únicamente a la entrada y salida de variables de automatización en el sistema.

Había pantallas que tenían una interface gráfica y botones que realizaban la comunicación con el SCADA, dando al sistema una capacidad de diagnóstico y almacenamiento de datos y de conectividad a la red de Internet para poder monitorizar las variables remotamente.

Entre las diferentes pantallas táctiles más importantes de las existentes, elegimos la que creemos más conveniente. Algunas de las pantallas que habían entrado en nuestra elección ha sido las pantallas táctiles por infrarrojos, descartándola debido a que son pantallas muy delicadas y pueden detectar suciedad y actuar como falsas pulsaciones.

Finalmente, elegimos una pantalla táctil capacitiva, ya que son las utilizadas en los touchpad y unas de las más usadas en la industria. Las rejillas constituidas de una capa de electrodos horizontal y vertical superpuestas son los elementos principales, habiendo un electrodo entre las capas de electrodos. Esto hace que en el momento que se pulse la pantalla sufra una transferencia en la carga de los electrodos, detectando el procesador un cambio, permitiendo esto la detección del punto en el que se ha pulsado la pantalla.

(Dialnet , 2016)

Algunos modelos de pantallas táctiles son los siguientes:



Ilustración 50: Pantallas táctiles

(infoPLC, 2011)

6.4.2.2. Controladores de peso

El controlador de peso es otro de los elementos que se encarga de las tareas de control. Su objetivo en la planta sirve para el mantenimiento del nivel de peso dentro de los intervalos predefinidos.

Los sistemas de pesaje convierten cualquier variable física en una señal eléctrica. Este tipo de transductores tienen un dispositivo que se acopla con el receptor de carga. Su señal eléctrica se traslada a través de un transmisor que se compone de un micro y de un convertidor. Los controladores están formados por un dispositivo muy importante, que es la célula de carga, teniendo que elegir la célula que mejor nos vaya a funcionar en nuestro sistema, decidiendo que va a ser una célula de compresión. Este tipo de células lo que hace es medir la fuerza en la dirección de compresión de la célula, en una única dirección, siendo la fuerza de empuje o la de aplastamiento del sensor.

(Sensing, s.f.)

Algunos modelos de los controladores de peso son los siguientes:



Ilustración 51: Controladores de peso

(Alcober)

6.4.2.3. Estudio del sistema

En este apartado vamos a estudiar cómo realizar la disposición de los diferentes dispositivos que componen la planta de embotellado., realizando un análisis de como colocar los sensores, realizando la conexión con los PLCs.

A partir de lo explicado en el apartado del marco teórico acerca de los PLC, vemos como debemos de colocar los sensores en la planta, analizando las diferentes zonas de la planta:

- En el principio de las cintas transportadoras, debemos de colocar sensores de presencia o finales de carrera, lo que nos permitirá detectar la presencia de las botellas. Cuando pase la botella, se activará el sensor, lo que hará que se encienda el motor que hará que se mueva la cinta transportadora.
- Las cintas transportadoras principales estarán comunicadas con las tolvas a través de las cintas auxiliares. Cada cinta llevará dos sensores de posición, colocando uno al inicio de la cinta y otro al final. Esto hará que cuando en el inicio de la cinta active el motor, lo que hace que se mueva la cinta, mientras que cuando la botella llega al final de la cinta transportadora, el sensor de posición detecta que ha pasado el objeto y para el motor de la línea, lo que hace que la cinta se pare.
- Todas las tolvas tendrán sistema de pesaje. La tolva más pequeña se abrirá en el momento que el sistema de pesaje indique que se ha rellenado con la cantidad correcta.
- En el final de la cinta transportadora se coloca un sensor de posición, que al activarlo desviará las botellas hacia unas cintas u otras.

En el nivel que más bajo se encuentra en la automatización, que es el nivel de entradas y salidas, se realiza la comunicación mediante redes ASI. Mediante estos estudios, se realizan niveles de campo. Esto recoge a los PLCs y las pantallas táctiles, teniendo una comunicación a través de redes PROFIBUS.

En el momento que se configuran los dispositivos de los niveles de campo, solo faltará definir las diferentes variables, las cuales controlamos con el terminal del operador central:

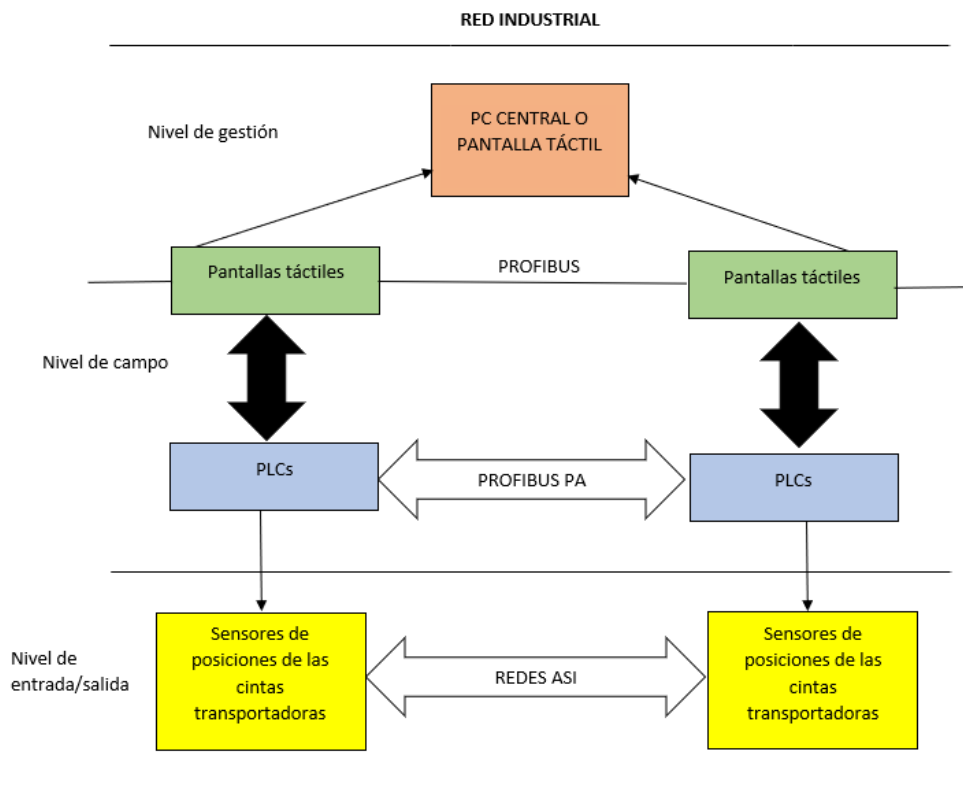
- La situación y el importe de las botellas realizadas correctamente.

- Situación de las líneas de producción, el estado de los motores, tolvas, etc.
- Seta de emergencia, que avisa en caso de que se produzca un fallo en el sistema.
- Número de botellas que se encuentran en la cinta ya embotelladas y las que faltan por embotellar.
- Tiempo que tarda por botella en realizarse el proceso.
- Botón de control manual, el cual permite controlar cada una de las líneas auxiliares con problemas que se produzcan en el sistema.
- Controlar la cantidad de líquido con el que hay que rellenar la botella de la tolva número 1 y el estado en el que se encuentra, es decir, que estén los motores encendidos o apagados, así como el control de los sensores de posición)
- Control del movimiento de las cintas transportadoras.

Si necesitamos líneas de producción auxiliares, estas realizarán un control de las variables similar al controlador principal, pero en un nivel de campo inferior, comprobando lo siguiente:

- Estado en el que se encuentran los diferentes motores de las diferentes cintas transportadoras.
- Tiempo que tarda la botella en llegar del inicio de la cinta hasta la máquina de llenado.
- Estado en el que se encuentran las diferentes tolvas.

Como resumen del estudio del sistema, realizamos un esquema de una red industrial para la planta de embotellado.


Ilustración 52: Esquema de red industrial

(Lorenzo Lledo)

6.5. LLENADO DEL TANQUE

En este apartado, vamos a desarrollar la programación y el HMI-SCADA del llenado del tanque en el que se guarda el líquido.

Tendremos un tanque con una capacidad de 15700 litros. En el momento que el nivel del líquido sea menor de 3000 litros, activará la válvula de llenado hasta el momento en el que el nivel de líquido sea de 12500 litros, que se reseteara, apagándose la válvula. La programación realizada está en el anexo.

Para ello deberemos iniciar el win cc flexible como hemos explicado en el apartado 6.3. En este caso utilizaremos los siguientes símbolos:

Tabla					
Edición Insertar Ver Herramientas Ventana Ayuda					
Todos los símbolos					
	Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		BARRA	MW 200	INT	
2		M_5	M 5.0	BOOL	
3		NIVEL	MD 100	REAL	
4					

Ilustración 53: Símbolos del llenado del tanque

El símbolo BARRA estará en la dirección MW 200, siendo un INT. Esto simulará el nivel de agua con el PEW 128.

El símbolo NIVEL estará en la dirección MD 100, siendo un REAL. Esto nos marcará la cantidad de litros de agua que hay en el tanque.

El símbolo M_5 estará en la dirección M 5.0, siendo un booleano. Esta marca será la que se activará o desactivará dependiendo del nivel de agua en el tanque, simulando la válvula de llenado.

Las variables serán las siguientes:

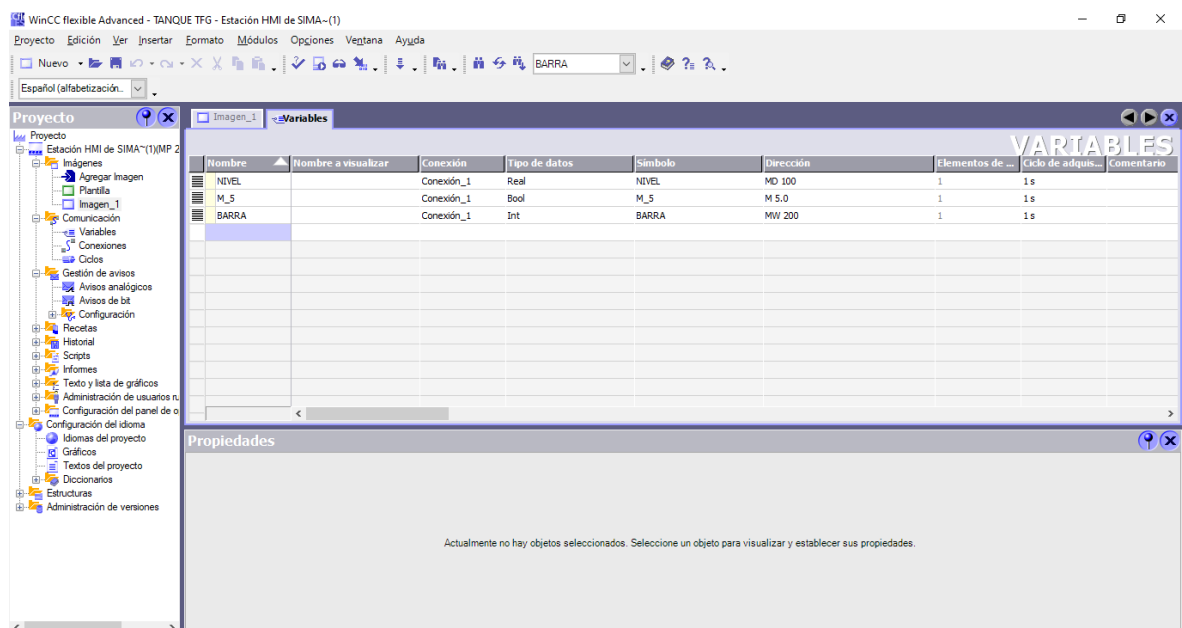


Ilustración 54: Variables del llenado de tanque

La pantalla del HMI-SCADA es la siguiente:



Ilustración 55: Pantalla llenado de tanque HMI-SCADA

Ahora analizaremos como hemos desarrollado esta pantalla.

En primer lugar, hemos elegido la imagen de un tanque, poniendo encima una barra que simulará el líquido de dentro del tanque.

Una vez colocada la barra, debemos de poner que, en el apartado "General", pondremos que el proceso de la barra estará controlado por la variable BARRA, teniendo un valor máximo de 27712, que será cuando el tanque esté al máximo nivel y un valor mínimo de 0, que será cuando el tanque esté al mínimo nivel.

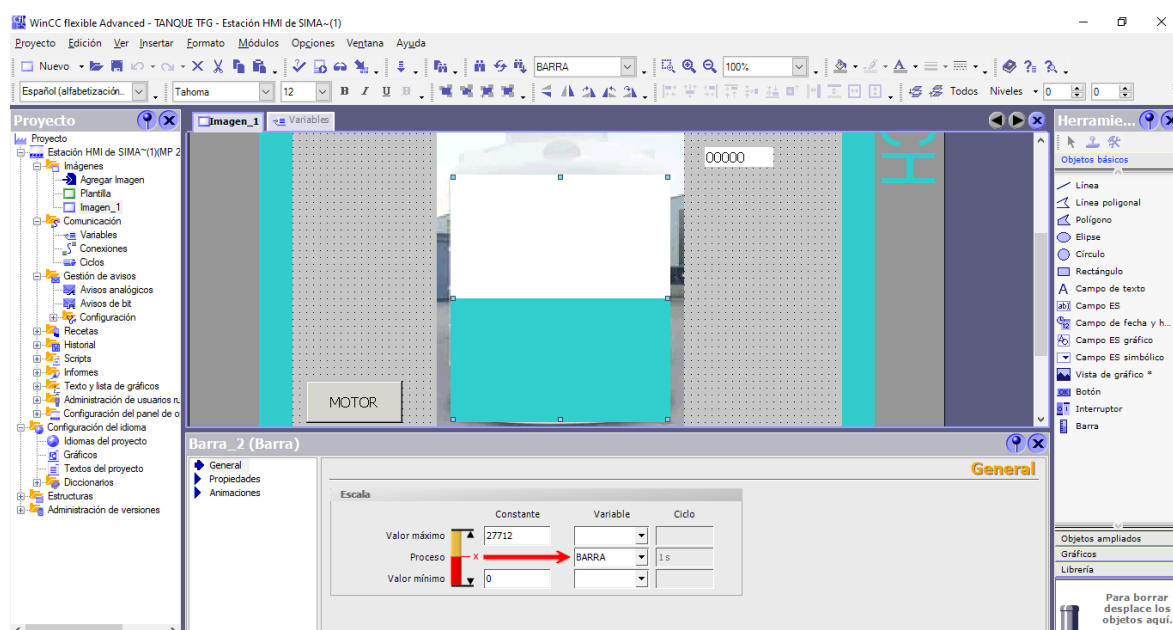


Ilustración 56: Barra llenado de tanque

Después, en la ventana “Animaciones” en el apartado “Apariencia”, lo dejas activado y pones la variable BARRA, con un valor de 0-27712, poniendo el color del líquido.

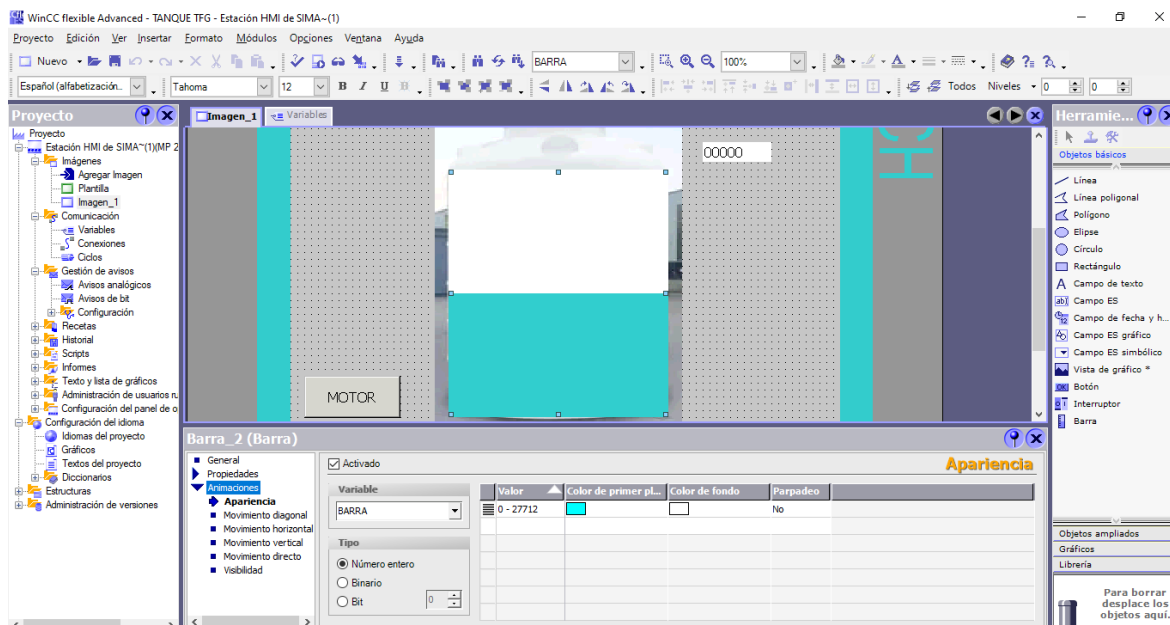


Ilustración 57: Apariencia barra llenado de tanque

Añadiremos un campo de gráfico que nos mostrará los litros de líquido que se encuentran en el tanque. Debemos de poner en el apartado “General”, la variable de proceso se pondrá “NIVEL”, eligiendo un formato de representación.

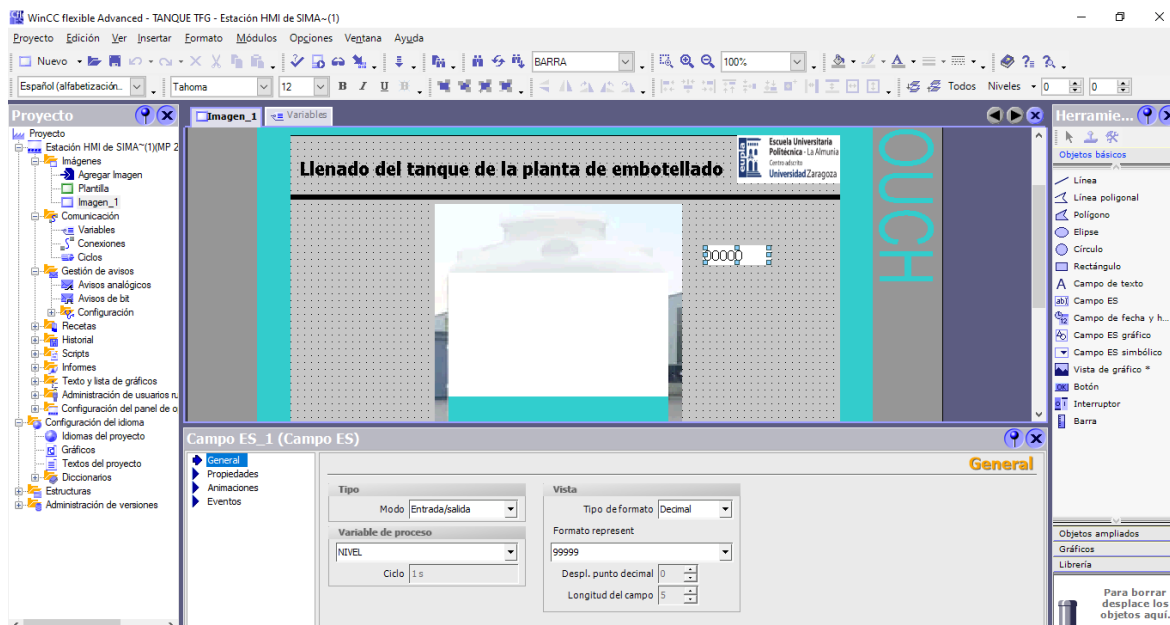


Ilustración 58: Litros de agua en el tanque

En el caso del motor, estará en verde cuando esté encendido y en rojo cuando esté apagado.

Lo simularemos como un botón. En la ventana "Animaciones", en la pestaña "Apariencia" lo activaremos, poniendo la variable M_5, para que cuando el bit esté en 0, es decir, el motor esté desactivado esté en rojo, mientras que cuando el motor se active, el botón esté en verde.

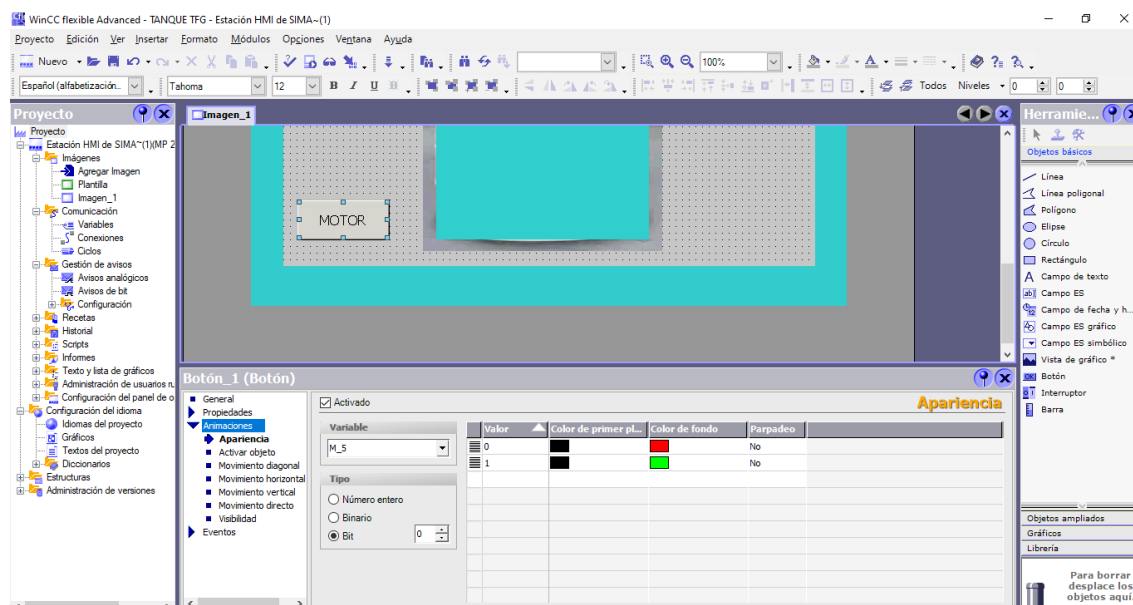


Ilustración 59: Apariencia motor

Además, con los objetos básicos, pondremos el logo de la EUPLA mediante "Vista de gráfico" y el título mediante "Campo de texto".

A continuación, vamos a explicar el funcionamiento. En la siguiente imagen, podemos ver que tendríamos en el tanque 6729 litros sin haber estado por debajo de 3000 litros, por lo tanto, el motor estará desactivado.

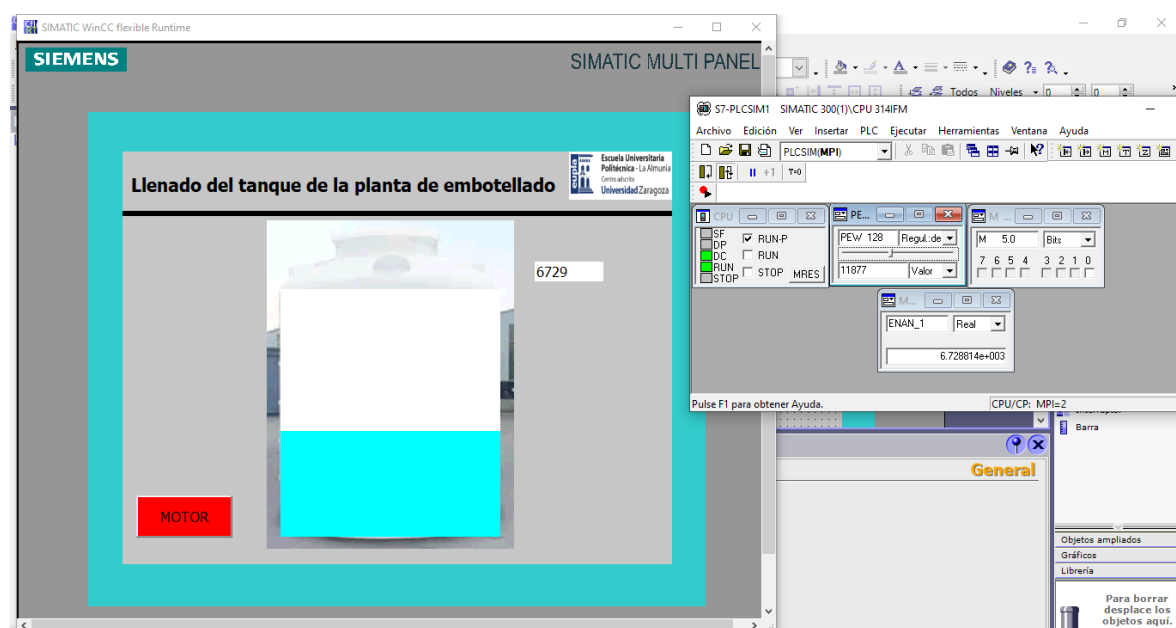


Ilustración 60: Simulación de llenado de tanque. Motor desactivado

En el momento que el nivel de agua baja a 3000 litros o menos, el motor se activará, lo que hará que se encienda la válvula de llenado, introduciendo líquido en el tanque. Esta válvula no se desconectará hasta que el nivel de líquido sea de 12500 litros o superior.

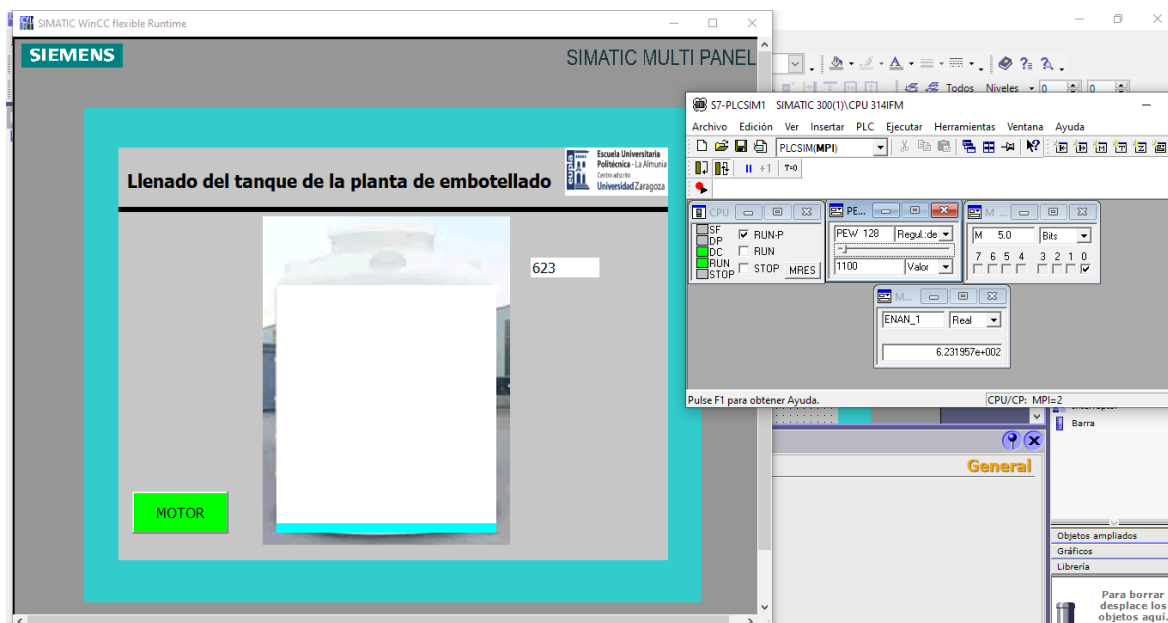


Ilustración 61: Simulación de llenado de tanque. Motor activado nivel bajo

Podemos ver que conforme se va llenando, el motor que activa la válvula sigue activado hasta que se llega hasta un nivel de 12500 litros.

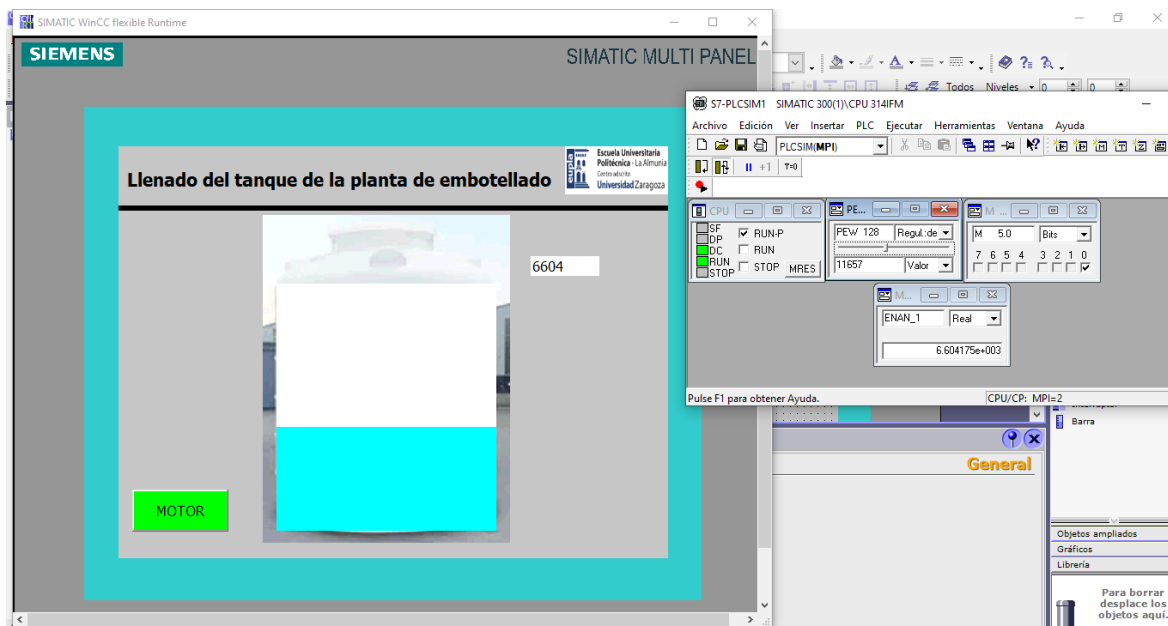


Ilustración 62: Simulación de llenado de tanque. Motor activado nivel medio.

Pudiendo apreciar que en el momento que llegamos a tener 12500 litros, el motor se apaga, dejando la válvula de llenar el tanque.

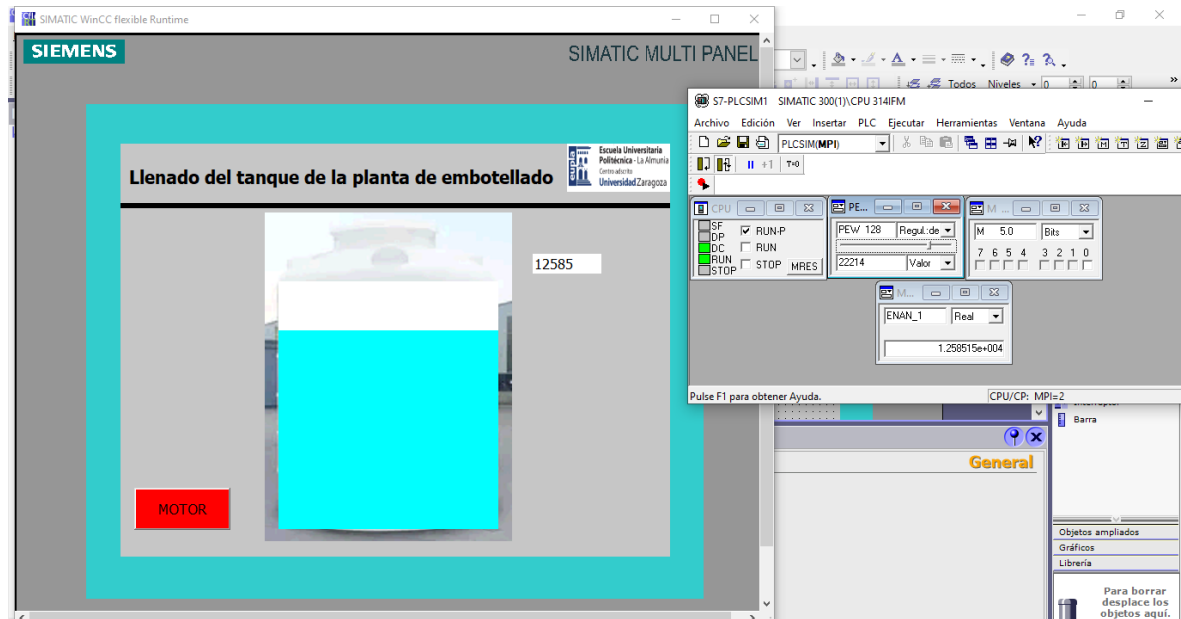


Ilustración 63: Simulación de llenado de tanque. Motor desactivado nivel alto.

6.6. LLENADO DE BOTELLAS

En este apartado, vamos a desarrollar la programación y el HMI-SCADA del llenado del tanque en el que se guarda el líquido.

Tendremos una cinta que moverá las botellas hasta la válvula de llenado. En el momento que la botella se encuentre en la posición correcta, comenzará el llenado. Para iniciar el inicio de los temporizadores, debemos de tener activa la entrada 124.0, pudiendo ver la programación realizada en el Anexo.

Para ello deberemos iniciar el win cc flexible como hemos explicado en el apartado 6.3. En este caso utilizaremos los siguientes símbolos:

Programa S7(1) (Símbolos) -- LLENADO BOTELLAS TFG\SIMATIC 300(1)\CPU 314IFM					
	Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		AGUA ARRIBA	MW 180	WORD	
2		AGUA BAJA	MW 160	WORD	
3		AGUA MEDIA	MW 170	WORD	
4		CHORRO AGUA	MW 150	WORD	
5		CINTA	MW 90	WORD	
6					

Ilustración 64: Símbolos del llenado de botellas

La cinta estará en la dirección MW 90 y realizará el desplazamiento de la cinta.

El chorro de agua simulará el agua de llenado, en la dirección MW 150, que irá llenando la botella con la activación de los símbolos "AGUA BAJA", "AGUA MEDIA" y "AGUA ARRIBA".

Las variables serán las siguientes:

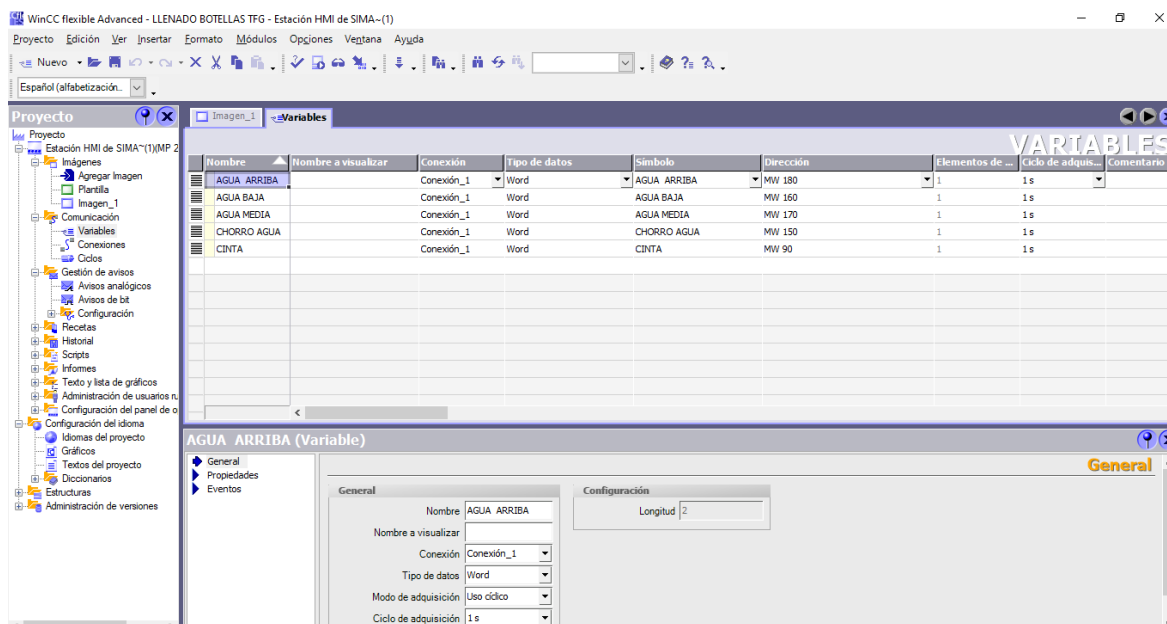


Ilustración 65: Variables de llenado de botellas

La pantalla del HMI-SCADA es la siguiente:



Ilustración 66: Pantalla llenado de botellas HMI-SCADA

Ahora analizaremos como hemos desarrollado esta pantalla.

En primer lugar, hemos elegido la imagen de una cinta, una botella y una válvula de llenado.

Una vez colocados, realizamos el movimiento horizontal de la cinta y la botella para simular el movimiento, con un rango de movimiento en X de 0 a 300.

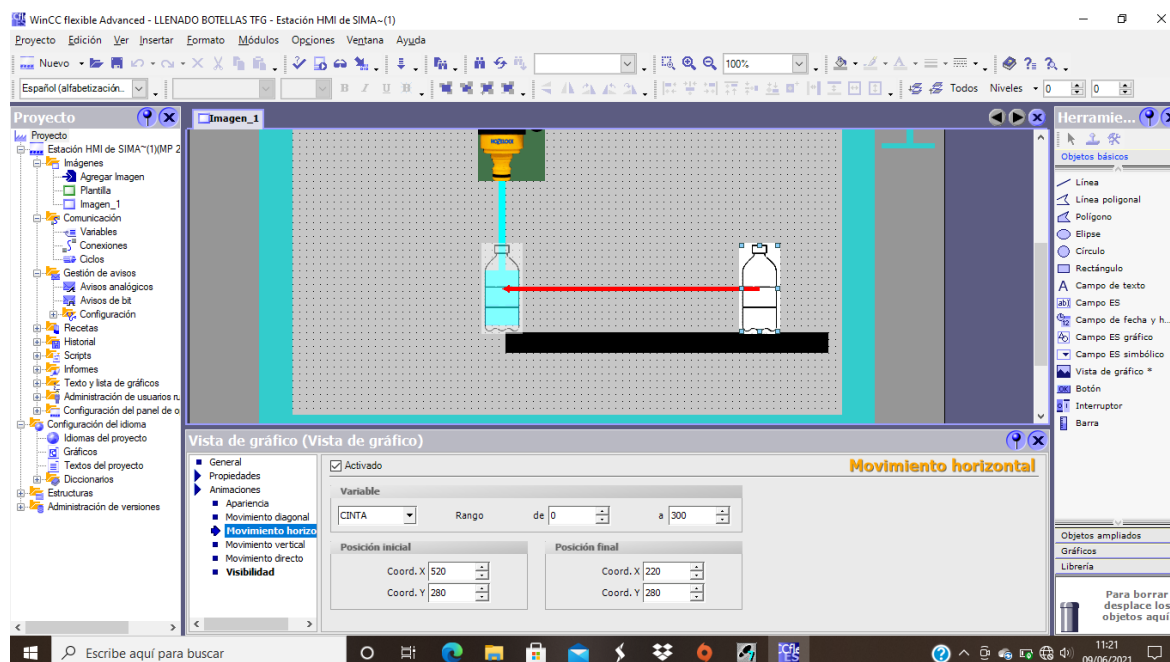


Ilustración 67: Simulación de llenado de botellas. Desplazamiento de la botella.

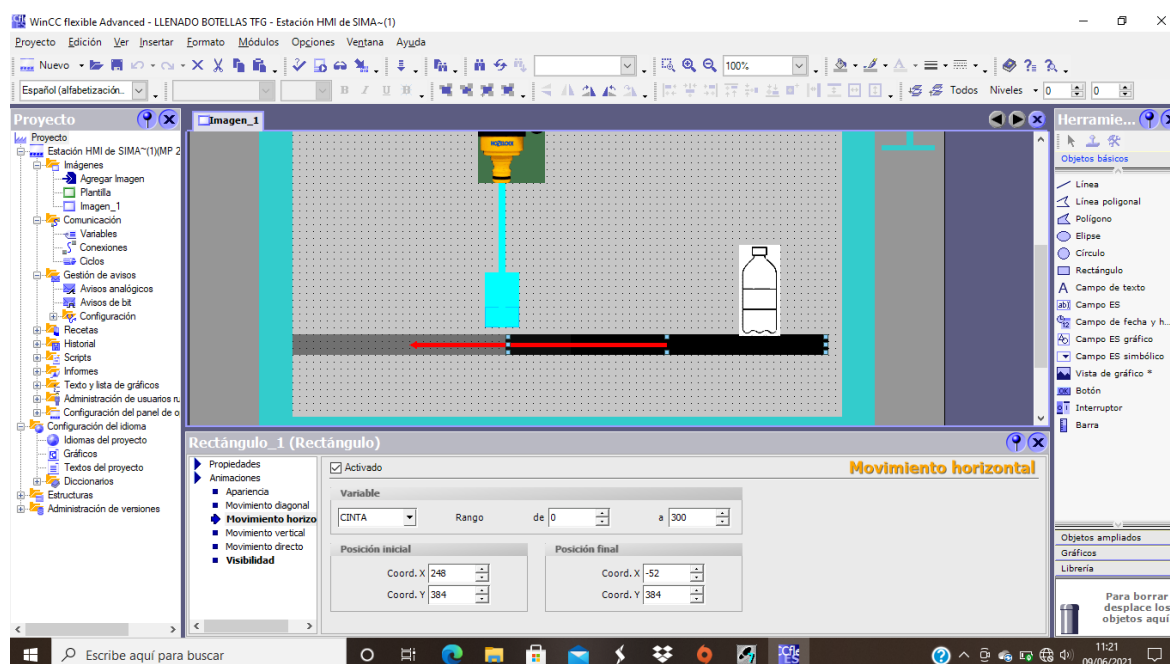


Ilustración 68: Simulación de llenado de botellas. Desplazamiento de la cinta.

Se moverá durante el tiempo establecido en la programación, colocándose en el lugar exacto debajo del punto de llenado, comenzando el llenado cuando activemos la entrada 124.0

En este punto se encenderá el llenado.

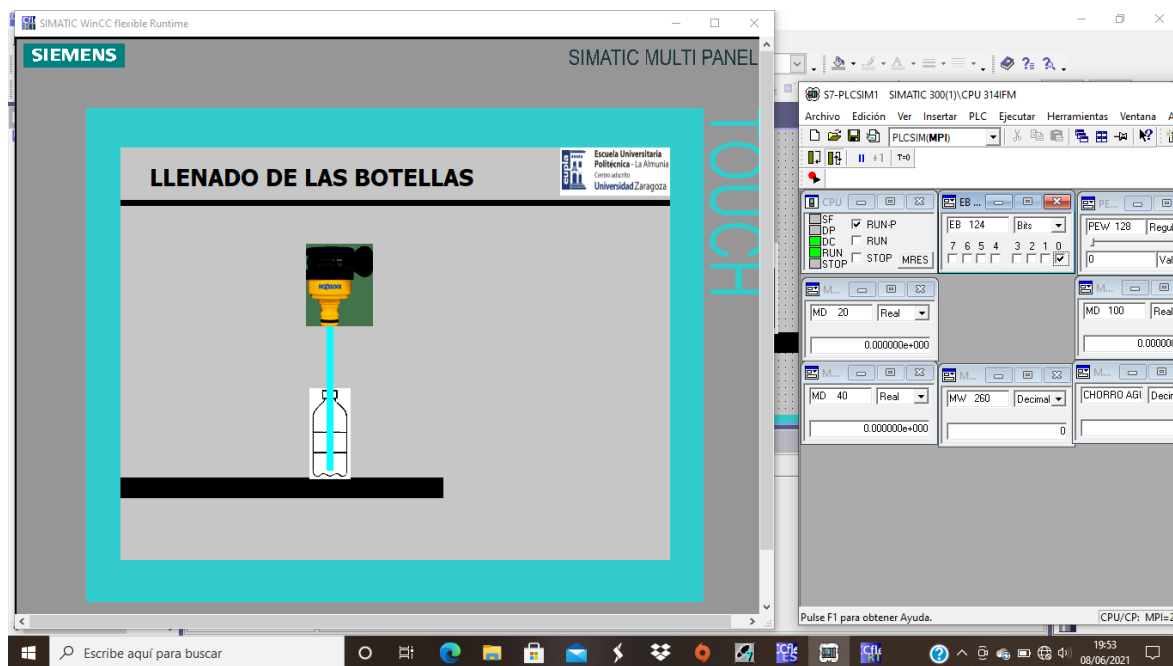


Ilustración 69: Simulación de llenado de botellas. Comienzo de llenado.

Llenándose durante el tiempo establecido para el llenado de la botella.

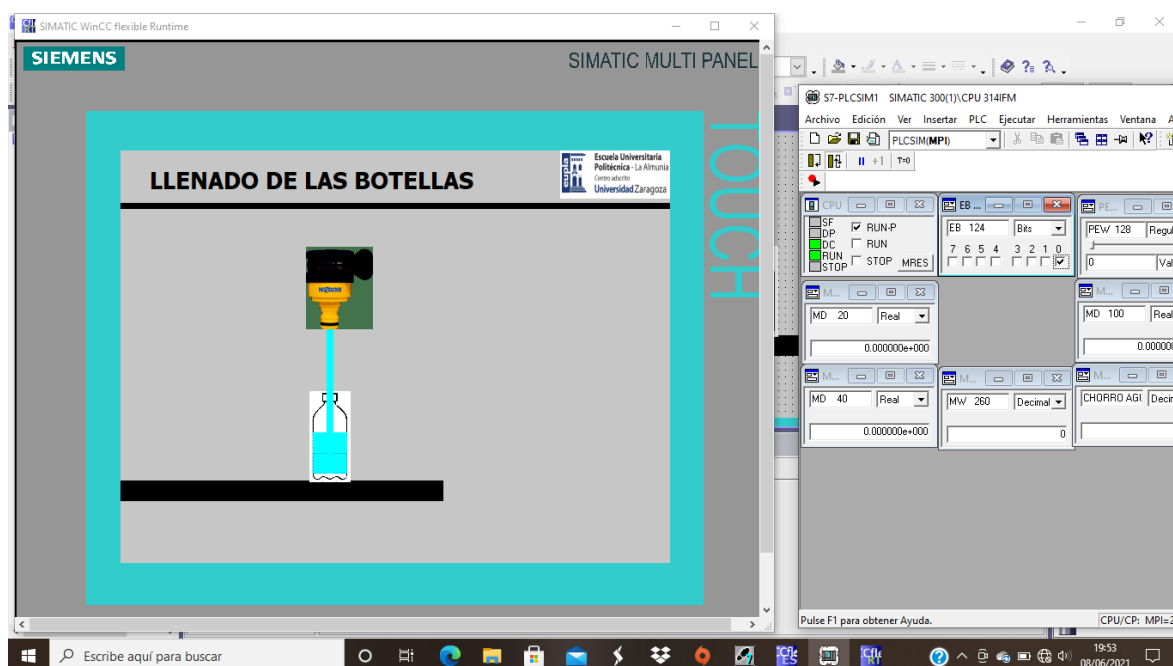


Ilustración 70: Simulación de llenado de botellas. Botella llena.

7. CONCLUSIONES

El objetivo inicial de este proyecto era el diseño y la automatización de una planta de embotellado, de forma que ésta funcionara de forma independiente y sin necesidad de mano de obra en cuanto a estos sistemas se refiere, lo que haría que el rendimiento en la planta mejorara.

Mediante la realización de un estudio y la previa búsqueda de información sobre plantas de embotellado automatizadas se ha realizado una selección de los elementos a utilizar para el desarrollo del diseño y construcción de la planta.

Para ello, fue necesario realizar un estudio de cada uno de los sensores y actuadores que necesitaremos para un óptimo funcionamiento de la planta, eligiendo los diferentes elementos a instalar entre diferentes catálogos.

Una vez realizado el diseño se llevó a cabo el desarrollo del sistema de automatización. Para ello necesitamos la pantalla táctil HMI y la estación de trabajo para automatizar los elementos de control de la planta.

El desarrollo del sistema de automatización se ha comprobado de una forma precisa debido al simulador de SIMATIC S7.

En cuanto a líneas futuras de este proyecto se podría ampliar el número de líneas. Además, también se realizaría el proceso de diseño y automatización de los sistemas de ventilación, de calefacción y de humedad, así como la protección contra incendios, el aire comprimido y el saneamiento y fontanería.

Otra línea más futura sería conseguir que se controlara el estado de la planta mediante un dispositivo móvil, pudiendo controlar y tener información de la planta en tiempo real desde cualquier lugar, lo que sería beneficioso para encontrar fallos que pudieran surgir.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 200, C.-M. (s.f.). *Ractem Racking System*. Obtenido de Ractem: https://www.ractem.es/sites/default/files/cmax_200_fichatecnica_0.pdf
- 24, A. (2020). *Automation 24*. Obtenido de Automation 24: https://www.automation24.es/transformador-de-mando-y-separacion-murrelektronik-mst-multispannungsbereich-86153?previewPriceListId=1&gclid=EAIaIQobChMI9NPE-I2i8QIVzIODBx0GNwWAEAQYAIAABEgJNJvD_BwE
- 24, A. (s.f.). *Automation 24*. Obtenido de Automation 24: https://www.automation24.es/sensor-de-temperatura-con-pantalla-ifm-electronic-tn2511?previewPriceListId=1&gclid=EAIaIQobChMI4Jernfme8QIVxe7tCh2pQgYuEAQYBSABEgJIyFD_BwE
- Adajusa. (2019). *Adajusa*. Obtenido de Adajusa: <https://adajusa.es/automatas-y-pantallas/rele-programable-genie-12-24vdc.html>
- Aibecy. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de Amazon: https://www.amazon.es/Aibecy-dosificadora-perist%C3%A1tica-perist%C3%A1tico-autoaspiraci%C3%B3n/dp/B07V33H98Y/ref=pd_lpo_199_t_0/257-5923232-3153742?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B07V33H98Y&pd_rd_r=faa98eba-45f8-4da0-9cbb-fdd56933cb96&pd_rd_w=QdDcW&pd_rd_wg=4b
- aire, C. d. (2017). *Compresores de aire*. Obtenido de Compresores de aire: <https://compresoresdeaire.es/accesorios-roscados/2568-racor-espiga-m-14mm-1-2--8427082157965.html><https://compresoresdeaire.es/accesorios-roscados/2568-racor-espiga-m-14mm-1-2--8427082157965.html>
- Alcober, X. (s.f.). *Automatica*. En X. Alcober, *Automatica* (págs. 90-93). https://issuu.com/groupptp/docs/automatica_-_428.
- Anfabra, A. d. (13 de Septiembre de 2019). *Asociación de bebidas refirgerantes Anfabra*. Obtenido de 1953: Coca-Cola llega a España: <https://www.refrescantes.es/historias/1953-coca-cola-llega-a-espana/>
- Anphibius. (4 de Junio de 2020). *Anphibius blog*. Obtenido de Anphibius: <https://anphibius.com/blog/como-funcionan-las-electrovalvulas-de-riego/>

Bibliografía

- Antón García, J. (2018). *Desarrollo de aplicaciones C++ para ingeniería: "S7mulator"*. Madrid: Trabajo fin de grado. Obtenido de http://oa.upm.es/52574/1/TFG_JORGE_ANTON_GARCIA.pdf
- Arco. (11 de Junio de 2018). *Arco*. Obtenido de Arco: <https://blog.valvulasarco.com/tipos-y-funcionamiento-de-las-llaves-de-paso-de-agua>
- Arco. (s.f.). *Valvulas arco*. Obtenido de Valvulas arco: <https://blog.valvulasarco.com/electrovalvulas-que-es-y-para-que-sirve>
- Area tecnología. (s.f.). Obtenido de Area tecnología: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>
- Bricogeek. (s.f.). *Bricogeek*. Obtenido de Bricogeek: <https://tienda.bricogeek.com/sensores-temperatura/510-sensor-ds18b20-estanco.html>
- Brikum. (s.f.). *Brikum*. Obtenido de Brikum: https://www.brikum.com/bricolaje/ferreteria/bote-espuma-de-poliuretano-750-cm3-sika-boom-s?gclid=Cj0KCQjw4v2EBhCtARIsACan3nzlrpbpg9Jak8PdSWgxNKwI7FhD783LochPr-TLYI9FrpzQ-6yPN29kaAiWYEALw_wcB
- Cambell. (s.f.). *AMS Ferrari*. Obtenido de AMS Ferrari: <https://www.amsferrari.it/es/lineas-de-embotellado/>
- Casares, J. (13 de Noviembre de 2016). *José Casares*. Obtenido de José Casares: <http://josecasares.com/puente-de-wheatstone/>
- Country, B. (2019). *SRC*. Obtenido de SRC: <https://srcsl.com/que-es-un-plc/>
- Cursos Aiu. (s.f.). Obtenido de Cursos Aiu: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%204.pdf>
- Curver. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de Amazon: https://www.amazon.es/Curver-Herm%C3%A9tico-Rectangular-Resina-20x30x9/dp/B009Z3U3U0/ref=sr_1_5?dchild=1&keywords=fiambarrera+hermetica&qid=1621065355&refinements=p_89%3ACurver&sr=8-5
- Dewesoft. (2000). *Dewesoft*. Obtenido de Dewesoft: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor#what-do-sensors-do>
- Dialnet. (2016). Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2323174&info=resumen>

- electronics, D. (2006). *Dynamo electronics*. Obtenido de Dynamo electronics: <https://dymoelectronics.com/tienda/electro-valvula-motorizada-9-24-v-dc-14/>
- ELEGOO. (s.f.). *ELEGOO*. Obtenido de ELEGOO: https://www.amazon.es/ELEGOO-Microcontrolador-ATmega2560-ATmega16U2-Compatible/dp/B06Y3ZHPWC/ref=sr_1_1_sspa?adgrpid=53696806502&dchild=1&gclid=Cj0KCQjw4v2EBhCtARIsACan3nxKpDbE6r8lqkieoHUO2IMS93IaNNjp24u2JeBlXayXBIZBBaBpbSIaAttJEALw_wcB&hvadid=27557317265
- ELEGOO. (s.f.). *ELEGOO*. Obtenido de ELEGOO: https://www.amazon.es/ELEGOO-Breadboard-Prototipo-Soldaduras-Distribuci%C3%B3n/dp/B01MZ1BUL1/ref=sr_1_2_sspa?dchild=1&keywords=Placa+PCB&qid=1621074409&sr=8-2-spons&psc=1&spLa=ZW5jcmlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEyUzVPQlVDWUK3SFZKJmVuY3J5cHRIZElkPUeWOTExNTY3MzQ4U1F
- Eliko. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de Amazon: https://www.amazon.es/Calentador-inmersi%C3%B3n-Hervidor-resistencia-el%C3%A9ctrica/dp/B00ISQNI5W/ref=asc_df_B00ISQNI5W/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=168421639119&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11014500510567728036&hvpone=&hvptwo=&hvmqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl
- España, C.-C. (s.f.). *Coca-Cola España*. Obtenido de The Coca-Cola company: <https://www.cocacolaespana.es/conocenos/nuestra-historia>
- especiales, P. (s.f.). *Plasticel*. Obtenido de Plasticel: <http://www.plasticel.com/es/wp-content/uploads/2018/03/tanque-60-litros-plasticel-ficha-tecnica.pdf>
- Gomez-Estern, F. (2004-2005). *Automatización de Sistemas de Producción*. Obtenido de Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla: <http://www.esi2.us.es/~fabio/TransASP.pdf>
- GreenIce. (s.f.). *Greenice S.L.* Obtenido de GreenIce S.L.: https://greenice.com/es/transformadores-para-tiras-de-leds-12-24vdc/3464-transformador-led-12vdc-36w-3a-ip25-8435402534303.html?currency=EUR&gclid=Cj0KCQjw4v2EBhCtARIsACan3nw6aWSxE7FSBKV4Stot0uIK0gATRsw3oVVD9vSFL7tsgvfBloEzdToaAnCrEALw_wcB
- Group, H. (s.f.). *HNT Tools*. Obtenido de HNT Tools: https://hntools.es/valvula-solenoid/#Accionamiento_directo
- Hidritec. (2016). *Hidritec*. Obtenido de Planta de embotellado: <http://www.hidritec.com/hidritec/planta-de-embotellado>

Bibliografía

- Historia, C. (20 de Enero de 2020). *Curiosfera*. Obtenido de Curiosfera:
<https://curiosfera-historia.com/historia-de-la-botella/#:~:text=Origen%20de%20la%20botella,-La%20vasija%20de&text=Hace%203.500%20a%C3%B1os%2C%20ya%20las,una%20vez%20desalojada%20la%20pezu%C3%B1a.>
- ifent.org. (2005). *Lecciones de electrónica*. Obtenido de Lecciones de electrónica:
<http://www.ifent.org/lecciones/ptc/ptc.asp>
- ifent.org. (s.f.). *RESISTORES NTC*. Obtenido de RESISTORES NTC:
<http://www.ifent.org/lecciones/ntc/ntc.asp>
- industria, C. d. (2020). *Aula 21*. Obtenido de Aula 21:
<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-automata-programable-o-plc-y-como-funciona/>
- industria, C. d. (2020). *Aula 21*. Obtenido de Aula 21:
<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/>
- infoPLC. (29 de Noviembre de 2011). *infoPLC*. Obtenido de infoPLC:
<https://www.infoplcn.net/noticias/item/854-nuevas-pantallas-t%C3%A1ctiles-hmi-de-ls-industrial-systems>
- Kaira. (2020). *prototipadoLAB*. Obtenido de prototipadoLAB:
<http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/>
- Lorenzo Lledo, G. (s.f.). Automatización de una planta industrial. En G. Lorenzo Lledo, *Automatización de una planta industrial* (pág. 79).
- Mechatronics, N. (s.f.). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de Naylamp Mechatronics:
<https://naylampmechatronics.com/sensores-liquido/108-sensor-de-flujo-de-agua-12-yf-s201.html>
- Motorkit. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de Amazon: https://www.amazon.es/Motorkit-MOT3541-Anticongelante-Org%C3%A1nico-Litros/dp/B00BFWL4KW/ref=sr_1_5?dchild=1&keywords=liquido%2Brefrigerante%2Banticongelante&qid=1621067720&sr=8-5&th=1
- Nomad, S. (2020). *The conversation*. Obtenido de The conversation:
<https://theconversation.com/agua-embotellada-en-espana-por-que-el-sector-no-para-de-crecer-146786>
- OCW Unican. (s.f.). Obtenido de OCW Unican:
<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1986/course/section/2310/1.%2520Accion%20amientes.pdf>

- Omega. (2003). *Omega*. Obtenido de Omega: <https://es.omega.com/prodinfo/caudalímetros.html#:~:text=Un%20caudal%C3%ADmetro%20es%20un%20instrumento,un%20I%C3%ADquido%20o%20un%20gas.>
- Outils, L. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de Amazon: <https://www.amazon.es/Boutt-2121210-DF15-Llave-hembra/dp/B00DH3B22M>
- Pack, a. (s.f.). *abc Pack*. Obtenido de abc Pack: <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/funcionamiento-de-una-planta-embotelladora/>
- Pérez López, E. (2015). *Dialnet uni La Rioja*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es>
- Poolaria. (s.f.). *Poolaria*. Obtenido de Poolaria: https://www.poolaria.com/bombas-dosificadoras/4292-sonda-ph-idegis.html?gclid=EAIaIQobChMIz_PxiPee8QIVgtPtCh2bAwPCEAYYCCABEgIudvD_BwE
- Rivera, L. (s.f.). *Monografías.com*. Obtenido de Monografías.com: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/accionamientos-industriales/accionamientos-industriales.shtml>
- rondo. (2021). *rondo*. Obtenido de rondo: <https://www.rondo-online.com/index.php>
- semiconductor, D. (s.f.). *Dalas semiconductor*. Obtenido de Dalas semiconductor: <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>
- Sensing. (s.f.). *Sensores de medida*. Obtenido de Sensores de medida: <https://sensores-de-medida.es/medicion/sensores-y-transductores/celulas-de-carga/celulas-de-carga-a-compresion/>
- sensores, R. (s.f.). *Rechner sensores*. Obtenido de Rechner sensores: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura>
- SIEMENS. (s.f.). *Masvoltaje*. Obtenido de Masvoltaje: <https://masvoltaje.com/simatic-s7-300/1295-simatic-s7-300-cpu-314-cpu-con-mpi-alimentacion-dc-24-v-4025515077695.html>
- Tsai. (1996). *Tracking Control of a Conveyor Belt: Design and Experiments*. 12. Obtenido de Tsai, M. C., Lee, C. H. "Tracking Control of a Conveyor Belt: Design and Experiments", Ieee transactions on robotics and automation, vol. 12, no. 1: febrero 1996.



Vallejo, B., & Vallejo, S. (2006). Aspectos generales de la automatización. *Farmacia unal educo*, 47-63.

Vistrónica. (s.f.). *Vistrónica Tienda Virtual de Electrónica*. Obtenido de Vistrónica:
<https://www.vistronica.com/sensores/sensor-de-ph-analogico-para-arduino-detail.html>

Winwill. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de Amazon: <https://www.amazon.es/M%C3%B3dulo-rel%C3%A9-KY019-Arduino/dp/B01M4LV7SS>

World, M. (s.f.). *Materials World*. Obtenido de Materials World:
<https://www.mwmaterialsworld.com/es/tubo-de-silicona-alimentaria.html>

Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria	95	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos	8	páginas

La Almunia, a 22 de junio de 2021

Firmado: Juan Manuel Barrero Rivarés